1. Akad. nauk

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

SAINT-PÉTERSBOURG.

VII^e SÉRIE.

TOME XXVIII.

(Avec 29 planches.)

43
7118

LIBRARY OF CONGRESS
113573
JAN 10 1882
SMITHSONIAN DEPOSIT

SAINT-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 8 Roubl. 55 Kop. arg. = 28 Mk. 50 Pf.

AS 262
.S 32

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Août 1861. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

506.47
A33
7e ser.
t.28
1881
W.Stks.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XXVIII.

№ 1.

Ueber das Bonpo-Sûtra: «Das weisse Nâga-Hunderttausend». Von **A. Schiefner**. 86 pages.

№ 2.

Ueber die Spectra der Cometen und ihre Beziehung zu denjenigen gewisser Kohlenverbindungen. Von Dr. **B. Hasselberg.** (Avec 1 planche.) 94 pages.

№ 3.

Allgemeine Theorie der magnetischen Dämpfer. Von **O. Chwolson.** 120 pages.

№ 4.

Untersuchungen über die Pflanzenathmung. Erste Abhandlung. Von **J. Borodin.** (Avec 2 planches.) 54 pages.

№ 5.

Die Jura-Ablagerungen zwischen Rybinsk, Mologa und Myschkin an der oberen Wolga. Von **S. Nikitin.** (Avec 7 planches.) 98 pages.

№ 6.

Zur Theorie des Encke'schen Cometen. Von **O. Backlund.** 84 pages.

№ 7.

Die Handbücher des geistlichen Rechts aus den Zeiten des untergehenden byzantinischen Reiches und der türkischen Herrschaft. Von **E. Zachariæ von Lingenthal.** 45 pages.

№ 8.

Studien über die fossilen Reptilien Russlands. I. Theil. Gattung Ichthyosaurus König aus dem Severischen Sandstein oder Osteolith der Kreide-Gruppe. Von **W. Kiprijanoff.** (Avec 19 planches.) 103 pages.

№ 9 ET DERNIER.

Beiträge zur Anatomie des Darmkanals. Von **A. Tarenetzky.** 55 pages.

Voss' Sortiment (G. Haessel) LEIPZIG, Querstrasse No. 29

Envoi de l'Acad. Imp. des sc. de St.-Pétersbourg.
May 12/81
Washington, port fr 60 par ce lot from Roy
Smithsonian Institution. addr.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE
TOME XXVIII, N° 1.

ÜBER

DAS BONPO-SÛTRA:

„DAS WEISSE NÂGA-HUNDERTTAUSEND".

VON

A. Schiefner.

(*Lu le 18 septembre 1879.*)

1158/24 JUN 29 1881

ST.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^, et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE
TOME XXVIII, N° 1.

ÜBER

DAS BONPO-SÛTRA:

„DAS WEISSE NÂGA-HUNDERTTAUSEND".

VON

A. Schiefner.

(*Lu le 18 septembre 1879.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie. et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Septembre 1880. C. Vessélovsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9e ligne, № 12.)

Vorbemerkung.

Die vorliegende Schrift, welche hiemit der Öffentlichkeit übergeben wird, ist die letzte Arbeit Anton Schiefner's, und schon hatte der Druck derselben begonnen, als den Verfasser ein plötzlicher Tod ereilte. Besorgt, dass nun vielleicht der Druck nicht zu Ende geführt und die Arbeit auf diese Weise der Wissenschaft vorenthalten werden möchte, erbot ich mich der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften die Correktur zu übernehmen, welche mir Dank dem Umstande, dass mir der Originaltext in einer eigenhändigen Copie Schiefner's vorlag, bedeutend erleichtert wurde.

Die Arbeit ist insofern gewissermassen ein Torso geblieben, als es dem verewigten Verfasser nicht mehr vergönnt gewesen ist, die Einleitung zu seiner Übersetzung des Bonpo-Sûtra zu vollenden. Es liegt uns von derselben nur folgendes kurze Fragment vor:

«In den Sitzungsberichten der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1866 Band S. 1—12, hat Emil Schlagintweit einen Vortrag «über die Bonpa-Sekte in Tibet» veröffentlicht, in welchem er die bis dahin bekannt gewordenen Erwähnungen dieser Sekte aufführt. Wie aber die von ihm gewählte Bezeichnung Bonpa eine ungewöhnliche statt der richtigen Bonpo ist, so ist auch die Zurückführung des Namens དཔོན *dpon* «Herr», zu welcher Schlagintweit wohl durch I. J. Schmidt (Forschungen im Gebiete der ältern religiösen, politischen und literärischen Bildungsgeschichte der Völker Mittel-Asiens, St. Petersburg 1824 S. 25) verleitet worden ist, nicht stichhaltig. Wie sich schon Schmidt zu Ssanang Ssetzen, Geschichte der Ostmongolen (St. Petersburg 1829) S. 351 darüber beklagte, dass man nichts über die Lehre dieser Sekte wisse, so ist es auch noch 50 Jahre lang geblieben. Mit vollem Rechte hat sich der gelehrte Herausgeber des

Marco Polo, H. Yule (The book of Ser Marco Polo . . newly translated and edited, with notes, London 1871 T. I S. 287 folg.) der Sache angenommen und namentlich das Verhältniss der Bonpo's zu den Taosse festzustellen gesucht. Leider waren auch die ihm zu Gebote stehenden Hülfsmittel nicht ausreichend, um zu einem sicheren Resultat zu gelangen. Wenn Schmidt a. a. O. S. 351 vermuthete, die Bonpo's könnten eine chinesiche Sekte gewesen sein, so konnte er darauf geführt werden durch das viersprachige Wörterbuch, das geradezu neben das aus dem Chinesischen tao sse umgestaltete Mandshu-Wort doose das tibetische གཙོ་བོ stellt. So hat auch Kowalewski in seiner Mongolischen Chrestomathie (Монгольская Хрестоматія, Казань 1836 — 37) B. II S. 307 und 391 die Bonpo's aufgefasst . . . .»

Leider ist es mir auch nicht gelungen in dem handschriftlichen Nachlasse Schiefner's irgend welche Notizen aufzufinden, durch welche das Fehlende hätte einigermassen ergänzt werden können. Nichtsdestoweniger möchte bei der Neuheit des Gegenstandes schon die Übersetzung des Bonpo-Sûtra als solche einen nicht unwillkommenen Beitrag zur Kenntniss der Bonpo-Sekte repräsentiren.

St. Petersburg den 15. September 1880.

W. Grube.

Der Lehrer, der erbarmungsvolle *g*Schen-rabs trug zu der zum Heil der lebenden Wesen gekommenen Zeit auf den strahlenden Sonnen- und Mond-Teppich in dem «*g*Jung-drung Inneres des hellen Lichtes» genannten lichten Himmelsraum gelangt, mit seinem mit den Merkmalen und Proportionen ausgestatteten Körper nach den zehn Weltgegenden blickend, in den tausend Millionen Dshambudvîpa's[1]) des Weltenraumes tausend Millionen Trugkörper emporzaubernd, er, der alle Thaten vollführt, alle Werke vollbracht, dessen Körper alles umfasst, dessen Rede überall ertönt und dessen Gemüth überall gleich bleibt, dessen Kraft überaus weit reicht und der alle Angelegenheiten vollkommen zu Ende führt, den bedrängten Wesen zum Schutz und Schirm das dem Amṛta-Strom gleiche zauberisch wahrhafte Gesetz vor, dasselbe aus der Mitte des unbeirrten Geistes erfassend, mit lieblicher Kokila-gleicher Stimme verkündend, mit der dem schnellen Blitz gleichen rothen Zunge hervorbringend, (trug er es vor) den unwissenden bethörten Wesen das durchaus unerschlossene, gleichförmig ausgesprochene Sûtra: 2*

Es sind überhaupt die Thaten der lebenden Wesen überaus zahllos, mit dem Gedanken nicht zu umfassen und das Maass des Gedankens übersteigend; gleich den lebenden Wesen sind auch die Weltenräume überaus zahllos, mit dem Gedanken nicht zu umfassen und das Maass des Gedankens übersteigend; gleich den Welten ist auch um lehrend zu leiten des Lehrers Barmherzigkeit sehr unberechenbar, mit dem Gedanken nicht zu umfassen und das Maass des Gedankens übersteigend. Ihnen gleich sind die den lebenden Wesen der Weltenräume Schaden drohenden vielen Truggestalten, die *g*Njan-, Erdherren-, und Nâga-Bereiche. Um diese zu bändigen und um den Wesen Nutzen zu schaffen trage ich zum From-

---

1) གཡུང་དྲུང་གསལ་བའི་ཁྱིད་ཀྱི་རྟན་; es bedeutet *g*Jung-drung das Hakenkreuz (s. Jäschke, Handwörterbuch der tibetischen Sprache S. 535), das Haupt-Symbol der Bonpo; im tib.-mongol. Wörterbuch rtogs-par-sla-ba (རྟོགས་པར་སྒྲ་བ) wird es durch mungge tamaǧa (also «ewiges Siegel»), auch durch sirgalǰin = das Nichtnachgebende, Beständige (vgl. Kowalewski, Dictionnaire p. 1525) wiedergegeben; die mongol. Übersetzung hat dafür auf Bl. 110 (= Tib. 79) xan tamaǧa königliches Siegel.

3 men der Wesen dieses heilige weisse Nâga-Hunderttausend in gebundener Rede vor. Ausgestattet mit dem Wissen eines allwissenden *g*Schen-rabs-Bodhisattva[1])-Mahâsattva darüber wie die bedrängten Wesen sämmtlich sich befinden, einem rostlosen Spiegel gleich die Finsterniss erhellend, trage ich, um alle lebenden Wesen aufzurichten, in der Absicht die Truggestalten des Nâga-Bereichs durch Beschwichtigung zu bändigen, das anfängliche Entstehen der sogenannten Nâga's also vor, ihr lebenden Wesen aber höret unbeirrten Glaubens zu.

In dem Weltenraum giebt es sechs Arten lebender Wesen: im Bereich der gestaltlosen und der Gestalt-Götter wohnen keine Nâga's; bei den im Preta-Bereich Weilenden und in beiderlei Höllen gibt es keine Nâga's. Durch Kraft des Verdienstes erlangt man später als Lohn den Wohnsitz. So wohnen denn die sogenannten *g*Njan's im Himmel; die sogenannten Erdherren wohnen auf der Erde; die sogenannten Nâga's im Wasser.

Der erste Ursprung des Vergänglichen ist dieser. Der Himmel, welcher die Leere hat, die Helle, welche das Licht hat, und die Finsterniss, welche die Schädigung hat[2]); aus der Vereinigung dieser drei ist es entstanden.

Der Himmel, welcher die Leere hat, ist dadurch, dass er Himmel ist, zum Sinnbild
3* geeignet; weil er die Leere hat, ist er von den Sinnen unerfasslich; die Helle, welche das Licht hat, öffnet durch die Helle alle Thore und zeigt durch das Licht alle Truggestalten; die Finsterniss, welche die Schädigung hat, bringt durch die Finsterniss Verdummung hervor, durch die Schädigung verschiedenen Schaden.

Nachdem also auf dreifache Weise eines das andere erzeugt hatte, entstanden die undenkbaren *g*Njan's. Die *g*Njan's wohnen im Himmel, im Licht und in der Schädigung; da sie die verschiedenen Truggestalten in den zehn Weltgegenden verbreitend alles gänzlich bedrängen[3]), werden sie *g*Njan genannt. Im Allgemeinen sind die *g*Njan's durch den Gedanken nicht zu erfassen; der Oberste der *g*Njan ist der flammende *g*Njan Çañkaçirsha mit dem Türkisschopf[4]), eine durch den Gedanken nicht zu fassende Truggestalt.

Die Erdherren[5]) wohnen auf der Erde und üben Herrschaft aus über die Blumen, Bäume und Personen[6]). Die Erdherrin Sthâvarâ[7]) von goldener Farbe mit goldenem Kruge hat die Herrschaft über die Erde.

---

1) Der Text hat གཡུང་དྲུང་སེམས་དཔའ, wofür die mongol. Übersetzung das buddhistische Bodhisattva gebraucht; wir folgen ihr, da es seine Schwierigkeit hat einen kürzeren Ausdruck zu finden.

2) རིམ་ལྡན་; die mongol. Übersetzung braucht tamtulxu, was zerstören, vernichten bedeutet.

3) ཐམས་ཅད་ཡོངས་སུ་གཏན་དགེ་གཏན་ལེས་བྱེད་; die Übersetzung ist nur versuchsweise angestellt. Die mongol. Übersetzung transcribirt nur.

4) གཏུན་ཕྱི་གཙོ་བོ་གཏན་སྐྱང་དང་མགོ་གཡུའི་སྦྲིང་ཚུལ་གྱས་ལྡན

5) སའདགྲ

6) གང་ཟག; die mongol. Übersetzung hat སྐ vor Augen gehabt.

7) བསྐྱེད་མ richtiger བཏྱེད་མ, welchem Worte im Sanskrit sowohl दृढा (Burnouf, Introduction pag. 532) als स्थावरा (Lalitavist. ed. Cal. 403) entspricht.

Durch dieser beiden unverwirrten Geist sind von oben und unten hervorgezaubert in den vier Haupt- und acht Nebengegenden oben und unten die von dem Gedanken nicht fassbaren Nâga-Kasten entstanden. Die Gesammtmasse derselben zerfällt in fünf Kasten: Die Kshatrija's auf goldenem Thron, die Vaiçja's auf Türkis-Thron, die Çûdra's auf Kupfer-Thron, die Brahmanen auf eisernem Thron, die Tshâṇḍala's auf Bronze-Thron sitzend.

Da sprach *g*Schen-rabs: «Es verhält sich also; der obere *g*Njan Çañkhaçirsha mit 4
dem Türkisschopf wohnt über einer weichen Wolke in einem aus Regenbogenlicht geschaffenen Zelte, die untere Erdherrin Sthâvarâ auf einer Terrasse der goldenen Erde in einer Meru-Edelstein-Behausung, in einem Haine schöner Blumen, auf einem Lotus-Teppich aus fünferlei Edelsteinen; die hervorgezauberten Söhne[1]) in den Meeren, Flüssen, Bächen, Seen, Teichen, Lachen und Quellen der vier Haupt- und acht Nebengegenden; die Kshatrija's alle, welche sich guter Werke befleissigen, sind Nâga-Bodhisattva's[2]) und bringen den Menschen Nutzen. Ihr Wohnsitz ist bei den Kâmadeva's.

Die Vaiçja's sind der Zeugung wegen da; sie schaffen den lebenden Wesen, wenn sie Gutes gethan, Nutzen senden, wenn sie Böses gethan, Stich-Krankheiten, Blut-Erbrechen, Kolik, Raserei[3]) u. s. w. Ihr Wohnsitz ist bei den Asura's.

Die Çûdra's alle gehören zu einem bedrängenden Geschlecht und fügen den lebenden Wesen so viel sie erreichen können, sehr grossen Schaden zu, senden viele ungelegene Seuchen, durch plötzliches Erfassen des Geistes frühzeitiges Sterben und, das Wachsthum der Nachkommen stehlend, rotten sie die lebenden Wesen aus; sie senden den lebenden Wesen fortwährend viele Arten von Geschwülsten, Blasen und Geschwüren[4]).

Ihr Wohnsitz ist der Menschen Land, * die vier Dvipas's, die kleineren Dvipa's in 4*
heissen und Wasser-Strecken; sie erheben sich im Sommer, erstarren im Winter, breiten sich aus im Herbst und Frühling.

Die Brahmanen alle schaden sich selbst und sind ein giftiges Geschlecht, taub, blind, stotternd, ohne Geruch, stumm, ohne Gefühl u. s. w.; Blattern, Pusteln[5]), Galle, Wassersucht, Verkrüppelung, Hinken, Lahmheit, Buckligkeit, Stumpfsinn u. s. w. alles senden sie, wenn die lebenden Wesen jenseits Böses gethan haben, ihnen hier. Ihr Wohnsitz ist ebenfalls der Menschen Land, in Steinen, an heissen und feuchten Stellen der Erde und des Wassers. Auch diese erheben sich im Sommer, erstarren im Winter, breiten sich aus im Herbst und Frühling. Wenn die lebenden Wesen jenseits nichts Böses verübt haben, ehren sie dieselben hier nicht.

---

1) སྨྲུལ་བའི་སྲས་རྣམས

2) བྱང་ཆུབ་སེམས་དཔའ་ནམ་མཁའ་དཔའ

3) གཞོར་ནད་ཁྲག་སྐྱུག་བྱང་ཤས་སྐྱེའི་བཅགས

4) སྐྲད་དང་ཐོལ་དང་ལྷོག་ས

5) འབྲས་བུ་ཤེབ་བུ་རྒྱ་ཐོར་ཀྱི་, welche Wörter die mongol. Übersetzung zum Theil nur transcribirt; རྒྱ་ཐོར་ bedeutet wohl indische Blattern.

Was die Tshâṇḍala's betrifft, so sind sie durch ihre Bethörung sehr böse, (senden) Grind, Krätze, Geschwüre, Aussatz; Füsse, Eingeweide, Knochen, Fleisch, Blut, Hirnschale, Sehnen, Muskeln, Mark, alles unter die Macht des Bösen sammelnd; mit Gliedern von Sonnenstäubchen-Grösse schützen sie überall das Gras und die kleinen Gewässer; sie bewirken das Ausfallen des Haupt- und Körperhaares, erfüllen die Haut mit Eiter- und Blut-Geschwüren; den Nâga's feindlich, senden die Tshâṇḍala's ihnen böse Krankheit- und Aussatz-Arten. Ihr Wohnsitz ist ebenfalls der Menschen Land, auf der Erde, im Wasser, an Steinen, Bäumen und feuchten Felsen. Auch diese erheben sich im Sommer, erstarren im Winter, breiten sich aus im Herbst und Frühling. Haben die lebenden Wesen jenseits Land geraubt[1]), so werden die Bösen von ihnen hier versammelt und geehrt. Die Tshâṇḍala's verstehen es zu packen, nicht aber loszulassen. Werden sie später durch die Verkündigung der trefflichen Lehre zur Ruhe gebracht und opfern sie, so werden sie gerettet.

Der Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo[2]) trug um sie zu bändigen und zur Wahrheit zu bringen die vierzehn Bonpo-Abschnitte des heiligen weissen Nâga-Hunderttausends vor[3]).

Der erste der 14 Abschnitte im Luftraum: der alle Arten des Wissens inne habende *g*Schen-rabs schuf aus Barmherzigkeit zum Wohl der lebenden Wesen um den lebenden Wesen zu der heilbringenden Seligkeit zu verhelfen, auf dem Sonnen-Mond-Teppich und in dem Regenbogen-Zelt mitten in der weissen Wolke in dem Sternenpalast *g*Njan-bändigende Truggestalten, die wie der Edelstein in dem Tshintâmaṇi-Juwal der Majestät des Lehrers alles erhellend, von dem Körper schöne Lichtstrahlen aussendend und die Drei-Tausend (Welt) mit vielen Farben erfüllend, aussergewöhnliche Reden von sich gaben, allen lebenden Wesen deutlich vernehmbar. Als die schöne Schaar der Bodhisattva's also vielfach hervorgezaubert war, entstand in der den lebenden Wesen feindlichen *g*Njan-Region Bedenken. Sie zeigte dem *g*Schen-rabs viele Truggestalten, viele Stellen mit bösen Menschen-
5* körpern und Köpfen, Haar- Pfeil- Gift- Wasser-Wolken-*Ansammlung, Hagel und Eis aufwärts gesandt, durchweg schwarze Wolken in Finsterniss gehüllt, undenkbare Grausens-Laute hervorbringend.

Es fragte die Schaar, vor den Lehrer tretend, ihn also: «O Lehrer *g*Schen-rabs, da es nicht recht ist, dass zu der Zeit, da du, um die lebenden Wesen zur Seligkeit zu bringen, den *g*Njan's, Erdherren und Nâga's das heilige weisse Nâga-Hunderttausend vorträgst, solcherlei unschöne Anzeichen kommen, geruhe du, Licht und Welt erhellende *g*Schen-rabs-Leuchte, zu sagen, was für eine, Ursache und Folge bewältigende Kraft vorhanden ist.

---

1) Die mongol. Übersetzung: «haben sie jenseits Übles gethan».

2) གཤེན་རབས་མི་བོ

3) གཙོད་མ་བྱུང་འབུམ་དགུ་པོ

Also gefragt, antwortete *g*Schen-rab*s*: «O Bodhisattva-Schaaren insgesammt, höret, an Körper, Rede und Geist unbeirrt, standhaft zu. Ursache und Folge dieser Anzeichen verhalten sich also. Unter den lebenden Wesen der Weltenräume befinden sich die an Truggestalten reichen *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Bereiche; da sie auch den spätern lebenden Wesen überaus grossen Schaden drohen, habe ich, da ich sie zum Besten der Welt bändige, Truggestalten grosser Zauberkraft der *g*Njan's gezeigt und trage den Mudrâ-Kernspruch[1]), die *g*Njan's durch Beschwichtigung zu bändigen, vor, ihr aber alle saget ebenfalls den Spruch her[2]).

Als er so gesprochen hatte, trug er den Kernspruch vor: Oṁ, weite Mitte des Himmelsraums, glänzend-heller Mu; oṁ, weite Mitte des Himmelsraums Mu, wann gedenkest du des Vergänglichen; oṁ, weite Mitte des Himmelsraums, Mu tsa ha Licht und Glanz; oṁ, weite Mitte des Himmelsraumes, Mu tâ hâ sagend, Licht gleich[3]).

Ebenso sollen des Lehrers sämmtliche Schaaren übereinstimmend thun. Durch *g*Schen- 6
rab*s* alles umfassende Barmherzigkeit, durch der Handstellung himmelweiten Segen, durch die Kraft des die Mitte erzeugenden Kernspruchs wurden die oberen *g*Njan's beruhigt, alle bösen *g*Njan's mit menschlichem Leib und Kopfe erhielten ein schönes Antlitz und herrliches Aussehen, alle Haar- Pfeil- Gift- Wasser Wolkenansammlung erstrahlte als schöner Lichtpalast, der Hagel-Eis-Erguss ward zu einem anmuthigen Blumenregen, die durchaus schwarzen Dunkelheits-Wolken der Finsterniss bekamen blau-rothes Regenbogen-Licht, auch die vielen bösen Truggestalten der himmlischen *g*Njan's sammelten sich vor dem Lehrer wie Wolken, der über die *g*Njan-Regionen die Herrschaft ausübende *g*Njan-Gebieter, der flammende Nâgaçirscha mit dem Türkisschopf, fragte, sich vor dem Lehrer mit gebeugtem Leibe verneigend, mit lieblicher Rede anhebend und mit reinem Gemüth Gedanken erzeugend, also:

«Mit einer Himmel gleich Alles umfassenden Barmherzigkeit Ausgestatteter, mit lieblicher Stimme lehrend in den drei Regionen Glauben Erweckender, mit schönem Leibe und ungewöhnlicher Majestät Begabter, mit dem Tshintâmani-Juwel der Fundgrube der Tugenden Geschmückter, Erzeuger der trefflichen Grundlage des Begriffs und der Ausübung der Werke, geruhe uns, o Lehrer, zu sagen, woher Ursache und Folge solches Unterschiedes entstanden sind».

Als er also gefragt hatte, sprach *g*Schen-rab*s*: «Es verhält sich also. O ganzes Gebiet 6*
der himmlischen *g*Njan's, Leib, Rede, Geist anstrengend, höre mit gläubigem Gemüth

---

1) སྐུ་གསུམ་སྙིང་པོ།

2) Der Text ist zu ཚོགས་པ་བརྗོད་ corrumpirt, es ist mindestens བརྗོས་ zu lesen.

3) ཨོཾ་ མགའ་ དབྱིངས་ ཀློད་ ཀུས་ མུ་ འབའ་ གསལ་ ॥ ཨོཾ་ མགའ་ དབྱིངས་ ཀློད་ ཀུས་ མུ་ ཙ་ ཧ་ ཏེད་ དམ་ ཅེད་ ལ ॥ ཨོཾ་ གསལ་ དབྱིངས་ ཀློད་ ཀུས་ མུ་ ཏུ་ ག་ ཐ་ ཆེར་ འདུ ॥

unbeirrt. Früher schon habe ich aus des *g*Jung-drung-Gesetzes[1]) zauberhafter Wahrheit gleich wie aus dem Amṛta-Strom verschiedene das Gemüth erfreuende Ursachen genossen und also Vollkommenheit in der Kenntniss aller Früchte erlangt; jetzt werdet auch ihr, nachdem ihr aus des *g*Jung-drung-Gesetzes zauberischer Wahrheit gleichwie aus dem Amṛta-Strom der Dinge Ursache erkannt und darauf fussend strengen Wandel geübt, sicherlich in der Kenntniss aller Früchte vollendet werden».

Als er so gesprochen hatte, fragte der flammende Nâgaçirsha mit dem Türkisschopf *g*Schen-rabs also: «O Lehrer, da bei uns, den himmlischen *g*Njan's, viel verkehrter Zauber und Truggedanken vorhanden, da gegen die lebenden Wesen der Zorn und die Bosheit gross, die Einsicht aber gering ist und nun, wenn aus des *g*Jung-drung-Gesetzes zauberhafter Wahrheit gleichwie aus dem Amṛta-Strom der Inbegriff der Dinge erfasst, darauf fussend strenger Wandel geübt und dadurch vollständige Kenntniss der Früchte sicherlich erlangt wird, so geruhe uns, den vielen *g*Njan-Bereichen, von uns gebeten, aus der Mitte des Geistes den Sinn hervorholend, zu sagen, wie die Wesenheit und der Name des sogenannten Gesetzes (bon) zu fassen ist, wie man beim Wandel denselben trefflich einrichtet, und in welcher
7 Zahl die Haupt- und Unterabtheilungen angeordnet sind».

*g*Schen-rabs antwortete: «Es verhält sich also: O ihr vielen himmlischen *g*Njan-Bereiche, auf andächtige Weise den Körper verbeugend, erfasset mit gläubigem Gemüth. Was die Wesenheit und den Namen des sogenannten Gesetzes (bon) anbetrifft, so ist es, nach erlangter Kenntniss des wahren Sinnes, das Wissen, die Wurzel der Wesenheit und des Namens des Gesetzes (bon) zu zerschneiden; bei leidenschaftloser und unbeirrter Betrachtung des Sinnes des Seienden und Nicht-Seienden, des Beständigen und des Vergänglichen nach dem Gesetz ohne Irrthum zu wandeln ist der rechte Wandel. Hauptabtheilungen giebt es zwei: die Gesetze des Kreislaufs und die Gesetze der Erlangung vollständiger Läuterung nach dem Entschwinden aus der Bedrängniss[2]) und dem Leiden. Was die Unterabtheilungen anbetrifft, so giebt es in den Gesetzen des Kreislaufs 59 Puncte der Bedrängniss, 83 Puncte der Gesetze des Entschwindens um durch gänzliche Läuterung Befreiung zu erlangen. O ihr *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Regionen, wisset dies».

Als er so gesprochen hatte, fragte der flammende *g*Njan Çañkhaçirsha mit dem Türkisschopf *g*Schen-rabs: «O *g*Schen-rabs, da bei Erlangung des wahren Sinnes, bei leidenschaftloser und unbeirrter Kenntniss des Sinnes des Beständigen und Vergänglichen die Hauptabtheilungen Kreislaufs- und Befreiungs-Gesetze, in der Abtheilung der Kreislaufs-
7* Gesetze 59 Puncte, in der Abtheilung der Befreiungs-Gesetze 83 sind und diese zusammengezählt 142 ausmachen, so geruhe, o Lehrer, dazu aufgefordert, uns dieselben ihrer Zahl und ihrer Reihe nach vorzutragen».

---

1) གཞུང་དྲུང་གི་ལོངས། | 2) ཉོན་མོངས = Skr. क्लेश

Als er so gebeten hatte, sprach *g*Schen-rabs: Ihr *g*Njan's der oberen Region und die übrigen *g*Njan-, Erdherren-, Nâga-Bereiche alle, voll Andacht den Körper beugend und mit gläubigem Gemüthe euch anstrengend, höret! in der Erkenntniss der wahren Gesetze geläutert, höret, unbeirrt an Leib, Sprache und Geist, das Wort des Lehrers; habet ihr aber den Sinn des Beständigen und des Vergänglichen erkannt, so entsteht leidenschaftloses und unbeirrtes Verweilen.

Die Hauptabtheilungen der Gesetze sind die des Kreislaufs und der Befreiung; die in der Hauptabtheilung des Kreislaufs befindlichen 59 Puncte sind nach Zahl und Reihenfolge diese: Gestalt, Wahrnehmung, Vorstellung, Begreifen, Wissen, diese fünf Anhäufungen sind Kreislaufs-Gesetze[1]). Auge, Ohr, Nase, Zunge, Körper, Geist, diese sechs Sinne[2]) sind Kreislaufs-Gesetze. Gestalt, Laut, Geruch, Geschmack, Fühlbares, Gesetz (bon)[3]), diese 8
sechs Sinnesobjecte sind Kreislaufs-Gesetze. Wissen des Auges, Wissen des Ohres, Wissen der Nase, Wissen der Zunge, Wissen des Körpers, Wissen des Geistes, diese sechs Wissen sind Kreislaufs-Gesetze. Die Wahrnehmung in Folge der durch das Auge vermittelten Erkenntniss[4]), die Wahrnehmung in Folge der durch das Ohr vermittelten Erkenntniss, die Wahrnehmung in Folge der durch die Nase vermittelten Erkenntniss, die Wahrnehmung in Folge der durch die Zunge vermittelten Erkenntniss, die Wahrnehmung in Folge der durch den Körper vermittelten Erkenntniss, die Wahrnehmung in Folge der durch den Geist vermittelten Erkenntniss, diese sechs vermittelten Wahrnehmungen[5]) sind Kreislaufs-Gesetze. Das Element des Windes, das Element des Feuers, das Element des Wassers, das Element der Erde, das Element des Himmels, das Element des Wissens, diese sechs Elemente[6]) sind Kreislaufs-Gesetze. Unwissenheit, Begreifen, Wissen, Name, Gestalt, die sechs Sinne, diese sechs innern Stützen[7]) sind Kreislaufs-Gesetze. Wissen, Wahrnehmen, Begehren, Nehmen, Bestehen, Geborenwerden, Altern, Kranksein, Sterben, diese sechs äussern Verbindungen sind Kreislaufs-Gesetze[8]). Verblendung, Zorn, Lüsternheit, Stolz, Neid, diese fünf bösen Triebfedern[9]) sind Kreislaufs-Gesetze. Die hervorbringende Ursache, die Geburt, die Arten der Folge, das Unbeständige, der Schmerz, die Leere, das Selbstlose, diese siebenerlei Ursachen und Folgen des Kreislaufs[10]) sind Kreislaufs-Gesetze.

---

1) Burnouf, Introduction à l'histoire du buddhisme S. 491 folg.

2) Köppen, Religion des Buddha S. 602.

3) བོན་, welches die Stelle von ཆོས་ (=dharma) vertritt.

4) མིག་གི་འདུ་ཤེས་དང་ཤེས་པའི་རྣམ་པར་ཤེས་ཚོགས་ཆོ་ག

5) རྣ་སྤྱི་ཆོ་ག

6) འཇུག་པའི་རྣམས་དྲུག; es werden bei den Buddhisten ursprünglich nur 4 statuirt, zu denen hier das Element des Himmels (ནམ་མཁའི་རྣམས) und des Wissens (རིག་པར་ཤེས་ཚོགས) hinzukommen. Der Himmel ist wohl der Aether; s. Köppen S. 601.

7) ནང་གཉེན་པ་དྲུག

8) རྒྱ་འཕེལ་བ་དྲུག; das sind die 12 Nidâna's, worübe Köppen S. 609.

9) རྒྱུ་ཀུན་ལྡན

10) འགོ་རྩལ་གྱི་རྣམ་པ་བདུན

Die in der Hauptabtheilung der Befreiungs-Gesetze befindlichen 83 Puncte sind nach Zahl und Reihenfolge diese: Die Vollkommenheit des Gebens, die Vollkommenheit der Sittlichkeit[1]), die Vollkommenheit der Geduld, die Vollkommenheit der Ausdauer, die Vollkommenheit der Betrachtung, diese fünf zu eigenem Nutzen dienenden Vollkommenheiten[2]) sind Befreiungs-Gesetze. Die Vollkommenheit der Kraft, die Vollkommenheit der Barmherzigkeit, die Vollkommenheit des Gebets, die Vollkommenheit des Mittels[3]), die Vollkommenheit der Weisheit, diese fünf zu fremdem Nutzen dienenden Vollkommenheiten[4]) sind Befreiungs-Gesetze. Die äussere Leere, die innere Leere, die Leere des Vorgestellten, die Leere des Nichtvorgestellten, die Leere des über das Ende Hinausgegangenen, die Leere des Nichterfassten, die Leere des Grossen, die Leere der Wirklichkeit, diese neun durch allgemeine Merkmale nicht Unterscheidbaren[5]) sind Befreiungs-Gesetze. Die Leere der Eigenheit, die Leere der Eigenheitlosigkeit, die Leere des eigenen Merkmals, die Leere der Anfang- und Endlosigkeit, die Leere des Verwerflichen, die Leere des Begrifflosen, die Leere der begrifflosen Wahrheit, die Leere sämmtlicher Gesetze[6]), die Leere der Leere, diese neun durch eigene Merkmale nicht Auffassbaren[7]) sind Befreiungs-Gesetze. Die vier Achtsamkeiten, die vier Entsagungen, die vier Zauberkünste, die Sinne, die Betrachtungen, die vier *g*Schen-rabs-Wege, die Kräfte der Furchtlosigkeit, die acht Befreiungswege, die Frucht der Nichtwiederkehr, die Frucht der einmaligen Wiederkehr, die Frucht des Eintritts in den Strom, der maasslose Glaube[8]), diese zwölf Bodhi-Wege sind Befreiungs-Gesetze. Die aus der Untrennbarkeit der *g*Jung-drung-Gesetze hervorgehenden neun Unvermengtheiten, das ganz reine Wissen, die neun *g*Jung-drung-Glieder, die (vier) *g*Schen-rabs-Wahrheiten, die vier besonders reinen Wissen, die nicht zu vernachlässigende Richtschnur, die neun nach und nach erfolgenden Eintritte, die vier Eintritte in das Merkmallose, alle Grundlagen des Bonpo-*g*Jung-drung, die vier Barmher-

8* 9

---

1) ཚུལ་ཁྲིམས། eig. Sittengebot, weshalb die Mongolen das Wort durch das aus शिक्षापद् corrumpirte šakšabad wiedergeben s. Kowalewski Dictionnaire S. 1481.

2) བདག་དོན་རྩེ་མངོན་པ་ལྟ; man beachte hier རྩེ་མངོན་པ = zur Spitze reiten.

3) ཐབས། Sskr. upâja.

4) གཞན་དོན་བྱེད་ཀྱིས་གྲུབ་པ

5) རྟོག་ཅིང་མཚན་ཉིད་དུ་རྟེན་པོས་མ་ཁྱེད་པ་དག

6) བོན་ཐམས་ཅད་སྐྱོང་བ་ཉིད = sarvadharmaçûnjatâ.

7) རང་གི་མཚན་ཉིད་བསྟན་པིས་མེ་འདུས་པ

8) 1. རྟན་པ་ཉེ་བར་གནས་པ་བཞི 2. ཡང་དག་པར་སྤོང་བ་བཞི 3. རྫུ་འཕྲུལ་ཀྱི་རྐང་པ་བཞི 4. དབང་པོ་རྣམས 5. ཉིར་དེ་འཇོམ་རྣམས 6. གཤེག་པ་བས་ཀྱི་ལམ་བཞི 7. མི་འཇིགས་བའི་སྟོབས་རྣམས 8. ཐར་པའི་ལམ་བརྒྱད 9. ཕྱི་མ་མི་ལྡོག་པའི་འབྲས་བུ 10) ལན་ཅིག་ཕྱིར་འོང་བའི་འབྲས་བུ 11. རྒྱུན་ཞུགས་པའི་འབྲས་བུ 12. ཚད་མེད་པའི་དད་པ

zigkeiten des beständigen Weilens[1]), diese zehn *g*Jung-drung-Stufen sind Befreiungs-Gesetze. Die Ansicht der grossen Einsicht, das unbewachte Gelübde, die mit Eifer vollführte Handlung, der gänzlich reine Wandel, die emporsteigende Tugend, der gleichmässige Raum, der unwandelbare Körper, die eigenheitslose Rede, das ungestört sich gleichbleibende Gemüth, das alle Arten der Erkenntniss habende Wissen, die allerhöchste gänzlich vollkommene Frucht[2]), diese eilf Kennzeichen der Frucht sind Befreiungs-Gesetze. Das Vermögen des Auffassens, das erfassbare Wissen, die leidenschaftlose vorzügliche Kraft, das ungeschwächte Gelübde, das unbedenkliche Wissen, das nicht untergehende Siegeszeichen, der nicht schwankende Stab[3]), das unvergessbare Gebot, die untrübbare Einsicht, die unbeirrte Anleitung, die unwandelbare Beständigkeit, die unzertheilbare Gleichheit, das unsicht- 9*
bare Licht[4]), diese dreizehn Gesetzesgrade der Erlangung der grossen Befreiung sind Befreiungs-Gesetze. Spiegelgleiches Wissen, Thatkraft-Wissen, Prüfungs-Wissen, Gleichheits-Wissen, Wissen der Leere[5]), diese fünf alles bewältigenden Wissensarten sind Befreiungs-Gesetze. Die Maasslosigkeit der Barmherzigkeit, die Maasslosigkeit der Milde, die Maasslosigkeit der Freude, die Maasslosigkeit des Gleichmuths[6]), diese vier alles

---

1) 1. གཡུང་དྲུང་གི་བོན་རྒྱ་ཡ་ཨེད་ཡ་འཁར་མ་འཇེས་དགུ = âveṇika s. Burnouf, Lotus de la bonne loi S. 648. 2. ཡང་དག་པའི་རིག་པ་ཉིད 3. གཡུང་དྲུང་གི་ཡན་ལག་དགུ entsprechen den 9 Bodhjaṅga s. Burnouf S. 796. 4. གཞེན་རབས་ཀྱི་ཚེན་པ་བཞི 5) སོ་སོ་ཡང་དག་པའི་རིག་པ་བཞི = pratisaṁvid. 6. མི་གཙུབ་པ་བའི་གནུབས 7. མཐར་ཐུག་གཅས་པའི་སྐྱོམས་པར་འདུག་པ་དགུ 8. མཚན་མ་མེད་པ་ལ་སྐྱོམས་པར་འདུག་པ་བཞི 9. བོད་གཡུང་དྲུང་གི་དཔྱིད་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ཡུལ་ན་ཡོད་པ་ཙམ་ཞིག་ཏུ་གནས་པའི་ཐུགས་རྗེ་བཞི

2) 1. རྟོགས་པ་ཚེན་པོའི་ལུ་བ 2. བསྲུང་དུ་མེད་པའི་དམ་ཚིག 3. ལྷུན་གྲུབ་ཐུགས་བའི་འཕེན་ཁས 4. རྣམ་པར་དག་པའི་སྐྱོད་པ 5. ཤེས་གསུམ་པར་འཕྲུང་བའི་ཡོན་ཏན 6. སྟོབས་པར་གནས་པའི་དང་ཉིད 7. འཚུབ་པ་མེད་པའི་རྟུ 8. རང་བཞིན་མེད་པའི་གསུང 9. མ་ཉམས་ཉིད་ཀྱི་མེད་པའི་ཐུགས 10. རྣམ་པ་ཐམས་ཅད་མཁྱེན་པའི་ཡེ་ཤེས 11. ཏིང་ངེ་མེད་པ་ཡང་དག་པར་ཤེས་པ་ཉིད

Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VIIme Série.

3) གསས་མ་ཁང་; die Bedeutung von གསས་ wäre noch zu ermitteln; wir finden es auch in དབོད་གསས

4) 1. དམིགས་པའི་དབང (v. l. དད་པ Glaube). 2. མི་དམིགས་པའི་ཤེས་རབ 3. མི་ཚགས་པའི་སྐྱོབས་མཚོག 4. མི་ཉམས་པའི་བརྟན་ཞུགས 5. མི་རྟོག་པའི་ཡེ་ཤེས 6. མི་ནུབ་པའི་རྒྱལ་མཚན 7. མི་གིག་པའི་གསས་མཁན 8. མི་བརྗེད་པའི་གཟུངས 9. མི་འཁྲུལ་པའི་ཏིང་ངེ་ 10. མི་ཡེངས་པའི་མཁའ་དག 11. མི་འགྱུར་བའི་གཡུང་དྲུང 12. མི་འཇིག་པའི་མཁའ་ 13. མེ་སྐྱང་གིའ་སྐྱང་བ

5) 1. མེ་ལོང་སྐུ་ཤྲིའི་ཡེ་ཤེས 2. བྱ་བ་ནན་དགྲ་ཐྲི° 3. སོ་སོར་རྟོག་པའི་° 4. མ་ཉམས་པ་ཉིད་ཐྲི° 5. སྐྱོང་པ་ཉིད་ཐྲི°; bei den Buddhisten (s. Buddhistische Triglotte Blatt 9) 1. âdarçagnâna 2. kṛtjânushthâna° 3. pratjavekshaṇa° 4. samatâ° 5. dharmadhâtu°, wofür also hier çûnjatâ° zu setzen wäre.

6) 1. སྟོང་རྟེ་རྣོ་ཤེས་པ། 2. བྱམས་པ° 3. དགའ་བ°4. བཏང་སྙོམས° vrgl. Childers, Dictionary of the Pali language S. 51 u. d. W. appamaññâ und Hardy, Eastern monachism S. 243.

umfassenden Maasslosigkeiten sind Befreiungs-Gesetze. So beziehen sich diese 142 Puncte als Grundlage und Wurzel auf die lebenden Wesen. O gNjan-, Erdherren- und Nâga-Bereiche alle, hat man beiderlei Arten von Puncten unbethört inne, so ist man im Besitz aller Arten des Wissens; ist man mit Glaubenskraft ausgestattet, so ist diese Lehre Ursache jeglichen Wissens. Der Bosheit entsagend, möget ihr dieselbe trefflich kennen lernen».

Als er so gesprochen hatte, fragte der flammende Çañkhaçirsha mit dem Türkisschopf: «O Lehrer, gSchen-rabs erhellende Leuchte, was die Kreislaufs-Gesetze anbelangt, so ist der Kreislauf durch wessen Schuld entstanden, was die Befreiungs-Gesetze anbelangt, aus welcher Ursache die Befreiung?»

Also gefragt, antwortete gSchen-rabs: «O flammender gNjan Çañkhaçirsha mit dem
10 Türkisschopf und die übrigen gNjan-, Erdherren- und Nâga-Bereiche alle, ihr habet gut gethan, dass ihr fraget. Mit der Schuld verhält es sich also; mit gläubigem Gemüth höret unbeirrt zu. Da von Anfang der maasslosen Geburten Gestalt gefasst worden und in der Gestalt der Kreislauf stattfand, reifte es zur Wesenheit und zum Namen. Da alles, was Gestalt erhalten hat, Sinnentrug ist, ist es unbeständig; da alle Gestalten die Natur des Sinnentrugs nicht aufgeben und in der Gestalt den Kreislauf durchmachend in der Folge auch an ihm haften, findet Geborenwerden statt. Deshalb ist jede Gestalt, weil sie Ursache des Kreislaufs ist, aufzugeben, jede Gestalt, weil sie Ursache des Anhaftens ist, aufzugeben, jede Gestalt, weil sie Grundlage des Schmerzes ist, aufzugeben. So auch das Wahrnehmen, das Vorstellen u. s. w.»

10* «Da also von Anfang der maasslosen Geburten an das Kreislaufs-Gesetz (bon) gefasst worden und in den Gesetzen des Kreislaufs der Kreislauf stattfand und an denselben auch später haftete, findet Geborenwerden statt und reifte es zur Wesenheit und zum Namen. Da Alles, was die Kreislaufs-Gesetze erlangt hat, Sinnentrug ist, ist es unbeständig, da die Kreislaufs-Gesetze alle die Sinnentrug-Natur nicht aufgebend sie angenommen haben, und in den Kreislaufs-Gesetzen der Kreislauf stattfand und auch in der Folge dann haftete, fand Geborenwerden statt. Deshalb sind alle Kreislaufs-Gesetze, weil sie Ursache des Kreislaufs sind, aufzugeben, alle Kreislaufs-Gesetze, weil sie Gegenstand des Anhaftens sind, aufzugeben, alle Kreislaufs-Gesetze, weil sie Grundlage des Schmerzes sind, aufzugeben».

11 Darauf fragte der flammende gNjan Çañkhaçirsha mit dem Türkiskopf gSchen-rabs also: «Mit vollendeter Kraft der Weisheit, mit der höchsten Erleuchtung Ausgestatteter, dem maasslose Barmherzigkeit und umfassende Milde eigen ist, Leiter in dem Kreislauf, aller lebenden Wesen Vater, da wir, die überaus bösen gNjan's, durch zu grosse Gelüste in den Kreislauf gefallen sind, so geruhe, o Lehrer, gSchen-rabs-Leuchte, uns zu sagen, wie wir die Ursache, durch welche wir durch Gelüste in den Kreislauf gefallen sind, aufgeben können?».

gSchen-rabs sprach: «O viele gNjan-Bereiche der oberen Region, beuget den Körper andächtig, leget die Händeflächen aneinander und höret mit unbeirrten Sinnen zu. Früher
11* durch Gelüste in den Kreislauf gefallen, werden von nun an des Geborenwerdens Schmerz

nicht mehr empfinden die lebenden Wesen, welche an des Gebens Vollkommenheit haftend gänzlicher Hingabe fähig sind, welche, nachdem sie die Schmerzen des Gelüstes und der Gesetze des Kreislaufs gleich wie einen Strom verlassen haben, das sehr reine Gesetz, die Ursache des Entschwindens aus dem Dasein, die grosse Befreiung erlangen werden. Ebenso auch die Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

Darauf fragte der flammende *g*Njan Çañkhaçirsha mit dem Türkisschopf den *g*Schen- 13
rabs: «Mit allumfassender Barmherzigkeit ausgestatteter mächtiger Herr, *g*Schen-rabs-Lehrer, zur Seligkeit des Nicht-Kreislaufs Geleitender, der Dreitausend Zier und Schutz, aus des Geistes Çrivatsa[1])-Mitte des Wissens Strahl hervorholend der Unwissenheit Finsterniss Verscheuchender, den Dreitausend durchaus vernehmbar ungewöhnlich wohllautende Rede verkündend die im Schmerzens-Orte befindlichen lebenden Wesen alle aus dem Jammer erlösend, der du durch die Kraft der Majestät und Ansammlung der vollendetsten Tugend vermöge der grossen Weisheit die Gebrechen der Entstehung überwunden hast, geruhe du, damit die *g*Njan nicht aus Bosheit dem Nichtgeborenwerden entsagend den lebenden Wesen aus Bosheit Truggestalten zeigen, die Gesetze (bon) in einen Tropfen zusammenfassend den lebenden Wesen des *g*Njan-Bereichs vorzutragen».

Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «O flammender *g*Njan Çañkhaçirsha mit dem Türkis- schopf und die übrigen vielen *g*Njan der oberen Region, eure aus grossem Glauben hervor- 13*
gegangene Bitte ist sehr gut, ist vorzüglich gut; an Körper, Rede und Gemüth unbeirrt und standhaft, höret, während ich in einen Tropfen zusammengefasst die sicheren Gesetze vortrage, mit gläubigem und freudigem Sinne zu».

«Der oberen Region zauberhafte *g*Njan-Bereiche, der von dem Lehrer verkündeten Lehre, welche in dem heiligen weissen Nâga-Hunderttausend vorgetragen wird, wahrhaften Sinn aufzufassen ist dies das Mittel: Die Gestalt giebt des Kreislaufs Ursache nicht auf, die Gestalt erlangt auch nicht die Kraft der Befreiung. Ist die Gestalt über die beiden Gränzen des Aufgebens und Erlangens hinausgekommen, so hat die Gestalt des grossen Tropfens umfassende Natur. Ebenso das Wahrnehmen u. s. w.»

«Also geben auch die Befreiungs-Gesetze die Ursache des Kreislaufs nicht auf und er- 15*
langen die Befreiungs-Gesetze auch nicht die Frucht der Befreiung; sind die Befreiungs-Gesetze über die beiden Gränzen des Aufgebens und Erlangens gänzlich hinausgekommen, so sind die Befreiungs-Gesetze aus dem Raume des grossen Tropfens von allumfassender Natur».

Nachdem auf diese Weise die Barmherzigkeit des *g*Schen-rabs das Zauberlehre Gesetz vorgetragen hatte, wurden alle *g*Njan-Bereiche der oberen Region beruhigt; ohne auf die lebenden Wesen böse Truggestalten zu entsenden, wurden sie mit beruhigtem Gemüth ge- 16
heilt und erbaut. Der aus dem widerwärtigen Kalpa entstandene Frost und Hagel, des

1) དབུ་བའི་རྩེ; vergl. Jaeschke, Handwörterbuch S. 328 Zeile 15. Burnouf, Lotus de la bonne loi S. 625.

Wasser-Kalpa's Strom unterbrechendes Eis, des Feuer-Kalpa's sengende Dürre, die zur Unzeit eintreffenden grausen Epidemien hörten deshalb für die Zukunft auf. Wird das heilige weisse Nâga-Hunderttausend fortwährend vorgetragen, so werden alle widerwärtigen Zeiten beruhigt, alles Elend gehemmt und dessen Ursachen zurückgelenkt, erstarken das Leben und des Verdienstes Glück[1]), sämmtliche Siddhi's werden erlangt, in den Ländern herrscht Segen und es wird der höchste Grad der vollendeten Einsicht erreicht.

Der erste Abschnitt, die von dem Gebieter der *g*Njan's der oberen Region, dem flammenden *g*Njan Çañkhaçirsha mit dem Türkisschopf an den Lehrer *g*Schen-rabs gerichtete Frage über den Ursprung der Nâga's und über die Gesetze des Kreislaufs und der Befreiung.

Darauf kam der Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo-tschhe[2]) aus der Himmelsregion auf die Erde herab auf eine Terrasse der goldenen Erde in ein Sumeru-Edelstein-Gemach, auf eines Blumen-Haines Lotusse von fünf Edelsteinarten, von einer Schaar von 1500 Bodhisattva's umgeben. Als er angelangt war, erbebte der Sumeru, erbebte er sehr, wogte das
16* Meer[3]), wogte es sehr, erzitterten Erde und Steine; die lebenden Wesen wurden von Schrecken ergriffen. Den lebenden Wesen insgesammt erschienen viele Truggestalten, indem die *g*Njan's, Erdherren und Nâga's dem *g*Schen-rabs vielfachen Zauber zeigten, dem *g*Schen-rabs-mi-bo mit seiner Umgebung, Finsterniss, wirbelnden Sturmwind, Stein-Baum-Dorn-Hagel, Gift-Wasser-Haar-Pfeil-Regen, Frosch- und Schlangen-Unwetter. Auch die Bodhisattva-Schaaren, von grosser Furcht ergriffen, baten *g*Schen-rabs zu hören: «Lehrer, *g*Schen-rabs-mi-bo, dass während du, um den lebenden Wesen zur heilsamen Ruhe zu verhelfen, das heilige weisse Nâga-Hunderttausend vorträgst, solche böse Truggestalten erscheinen, ist nicht recht; geruhe deshalb unseren Schaaren, Licht und Welt erhellender grosser Mann, zu sagen, aus welcher Ursache diese Truggestalten entstanden sind und wie Können und Wissen[4]) bei deren Zurückscheuchung sich vereinigen.»

Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Bodhisattva-Schaaren insgesammt, Körper, Rede und Gemüth anstrengend, höret unbeirrten Sinnes standhaft zu. Da es sehr schwer ist den wahren Sinn zu erfassen, und das Fassungsvermögen der lebenden Wesen gering, ist die Ursache aus dem Nicht-Wissen entstanden; deshalb bin ich sammt euch auf den Sumeru herabgestiegen und werde nun das Mittel Können und Wissen zu verbinden, den Geheimspruch und der Mudrâ (Handstellung) Wahrspruch[5]) hersagen und alle Schaaren insgesammt sollen unbeirrt wie ich thun. Es ist dies der Erdherren und Nâga's Zauber-Bosheit».

---

1) བསོད་ནམས་དབང་ཕྱུང

2) མི་གཙོ་ཆེ = mahâvîra.

3) Im Mongol. das Milch-Meer (sun dalai).

4) ཐབས་དང་ཤེས་རབ eigentlich: Mittel und Wissen.

5) འདེབ་ཆོག

Nachdem er diese Worte gesprochen und die Mudrâ der zusammengelegten Handflächen 17
auf sein Herz gethan hatte, sprach er den die Krankheiten und den Zauber der *g*Njan, Erdherren und Nâga's beschwichtigend bändigenden Kernspruch her: Mo khjab-rten oṁ a dun ta'o, jatra mu lings oṁ klung 'gjur dun te pra mai kha mu la khjab-rten *g*sal ba tsa re shi mal mal âhâ ja la shi var *g*sal nas pho brang lhan pa la lhan lhan[1]).

Durch die Kraft des Barmherzigkeits-Segens des Lichtstrahl-Mudrâ-Kernspruchs bekamen die in Furcht und Schrecken gerathenen Wesen durch des Lehrers Wissen einen vergnügten Sinn und freudige Stimmung, die *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Regionen wurden sehr beschwichtigt; die Finsterniss und der wirbelnde Sturmeswind erglänzten in Regenbogen-Licht; der Stein-Baum-Dorn-Hagel wurde zu Edelsteinen; der Gift-Wasser-Haar-Pfeil-Regen verwandelte sich in Blumenregen; das Frosch- und Schlangen-Unwetter wurde zu vielen kleinen Nâga-Jungen. Da entstand bei allen lebenden Wesen grosse Freude; Götter, Nâga's, Menschen, Asura's u. s. w. brachten dem *g*Schen-rabs überaus reichliche Opfer dar, Körner, Blumen, Bäume, Früchte, Säfte, Arzneien, Feldfrüchte, Lampen, Räucherwerk, Seide, Edelsteine, flatternden Schmuck[2]), Tiger, Löwen und andere verschiedene musikalische Instrumente, Paukentöne und andere viele Ehrenbezeugungen brachten sie dar mit gläubigem Gemüthe und andächtigem Körper.

Zu der Zeit kam die über sämmtliche Länder die Herrschaft ausübende, unerschöpf- 17*
liche Edelstein-Schätze geniessende Erd-Gebieterin, die goldfarbene Sthâvarâ mit goldenem Kruge aus des Sumeru Edelstein-Höhle hervor und vor dem Lehrer den Körper verneigend, die Hände dreimal zusammenlegend, brachte sie das mit Amṛta-Trank gefüllte goldene Gefäss ihm dar. Die Erd-Gebieterin Sthâvarâ fragte:

«Da ich durch die Kraft früherer Verdienste über den ganzen Erdboden die Herrschaft ausübe, umgeben von vielen weithin wohnenden lebenden Wesen, verschiedene auf der Erde wachsende Nahrung geniesse, über Schätze, Gold, Türkis und die übrigen Edelsteine gebiete, über mir auch kein Gebieter[3]) ist, so geruhe du mit den Merkmalen und Proportionen ausgestatteter, die Geschöpfe leitender Lehrer, uns vorzutragen, was erlernend und darauf was ausübend die Geschöpfe in früherer Zeit vollendet worden sind; da wir Erdherren und Nâga's taub, blind, lahm und stumm sind, wie dies das Reifen schlechter Thaten ist? Vorzüglicher Mahâpurusha, gleichmässig wie des Himmels Fläche, herrlicher Mahâpurusha, des Gefässes Amṛta einem rostlosen Spiegel gleich erhellend, durch deine dem Son-

1) མོ་ཁྱབ་རྟེན་ཨོཾ་ཨ་རྡུན་ཏེ་ཏའོ། ཡཏྲ་མུ་ལིངས་ཨོཾ་བླུང་འགྱུར་རྡུན་ཏེ་པྲ་མའི་ཁ་མུ་ལ་ཁྱབ་རྟེན་གསལ་བ་ཙ་རེ་ཤི་མལ་མལ། ཨཱ་ཧཱ་ཛ་ལ་ཤི་བར་གསལ་ནས་ཕོ་བྲང་ལྷན་པ་ལ་ལྷན་ལྷན།

2) ཐུག་བླུག་རྒྱན།

3) So fasse ich an dieser Stelle གཞན་ *g*Njan auf, welches in der mongol. Übersetzung mit «doksin» wiedergegeben ist; sollte aber nicht vielmehr གཞན་ ein anderer, zu lesen sein?

nenlicht gleich ausgebreitete Milde, Vater der Wesen, durch deines Wortes Amṛta-Anwendung die Krankheiten heilender Arzt, hole aus deines Geistes Mitte der Anleitung Sinn hervor und geruhe den endlosen in Unwissenheit bethörten lebenden Wesen aus dem Erdherren-Bereiche, den Erd-, Stein- und Baum-Herren die wahren Begriffe auseinanderzusetzen, o Lehrer».

18 Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Erd-Gebieterin, goldfarbene Sthâvarâ mit goldenem Kruge und die übrigen Erdherren- und Nâga-Bereiche der unteren Region, an Körper, Rede, Gemüth unbeirrt, höret durch die Kraft des Glaubens euch verbeugend: Ich habe früher in früherer Geburt durch die Erlernung des Wissens in dem dem Amṛta-Strom gleichen wahrhaften zauberischen *g*Jung-drung-Gesetze[1]) dem über die Werke des Kreislaufs niedergeschlagenen Gemüth Leidenschaftlosigkeit gewonnen und dadurch dem Jammer entschwunden, die grosse Befreiung erlangt und deshalb habe ich jetzt zum Heil der lebenden Wesen zu wirken. Ihr, Erdherren-Bereiche und Nâga-Geschlechter insgesammt, ihr seid, da ihr seit sieben Geburten in des Lehrers Worte, den Gesetzes-Abtheilungen kein Wissen erlangt und des Wissens Kraft nicht vollführt habet, durch das verwirrte Wissen fahrlässigen Geistes als beständig die Gestalt mit irrigem Wissen erfassend jetzt in des Kreislaufs Gefängniss eingegangen, von der Krankheiten Grundlage ungetrennt, mit dem Schmerzens-Ocean befreundet. Da ihr mit verwirrtem Wissen die Gestalt als beständig erfasst und später wahrhaft in des Kreislaufs Gefängniss eingegangen seid, seid ihr von der Krankheiten Grundlage ungetrennt, mit dem Schmerzens-Ocean befreundet. Ebenso auch in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.»

19 Darauf fragte die Erd-Gebieterin, die goldfarbene Sthâvarâ mit goldenem Kruge *g*Schen-rabs: «Der Wesen Wegweiser, vorzüglichste erhellende Leuchte, mächtiger Herr der Barmherzigkeit, aller lebenden Wesen Vater, an Körperfarbe, Handzeichen und Majestät vorzüglichstes Wesen, geruhe uns, den bösen Erdherren-Bereichen insgesammt, zu sagen, wie man, in des Lehrers Wortes *g*Jung-drung-Gesetz-Abtheilungen Wissens-Kraft gewinnend theilhaft wird einer Einsicht mit leidenschaftloser Erkenntniss; alle Arten des Wissens kennender Mann, aus des Geistes Mitte das wahrhafte Gesetz überlegend geruhe den durch Unwissenheit-Thorheit bedrängten *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Bereichen das *g*Jung-drung-Gesetz vorzutragen».

19* Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Erdgebieterin, goldfarbene Sthâvarâ mit goldenem Kruge und ihr übrigen *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Bereiche der unteren Region insgesammt, höret unbeirrten Sinnes standhaft zu: Alle auf der Erde durch das Ich und die Selbstsucht bedrängten bösen Wesen werden, wenn sie des Lehrers Wort hören und in dem *g*Jung-drung-Gesetz wandeln[2]), durch die geläuterte Kraft des Wissens als Weg und Mittel zur Befreiung sich der Vollkommenheit des Gebens befleissigen und nachdem sie durch die

1) གཡུང་དྲུང་གི་བོན་འཕྲལ་བ་ཐེག་པ། 2) གཡུང་དྲུང་ནས་སྒྲོལ་བ་ལ།

Kraft des Glaubens dies unbeirrt übernommen haben, offenbar in das *g*Jung-drung-Gesetz eintreten und in demselben wandelnd aus dem Innern des Wissens des Geistes hervorgehen. Ebenso mit der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w».

Die Erd-Gebieterin, die goldfarbene Sthâvarâ mit goldenem Kruge, fragte *g*Schen-rabs: «Lehrer *g*Schen-rabs, vorzüglichster und herrlichster der Weisen, geruhe den einfältigen und thörichten, durch fünf Gifte[1]) gebundenen Erdherren, aus des Geistes Mitte den wahren Sinn fassend, den Kreislaufs-Ein- und Austritts baaren Weg zur Befreiung, mit der Rede Wohllaut ihn verkündend, vorzutragen». 21

Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Es verhält sich so. Ihr Erdherren- und Nâga-Bereiche der unteren Region insgesammt, auf andächtige Weise den Körper verbeugend, mit klarem Glauben die Handflächen zusammenlegend, höret! Ihr bösen Erdherren- und Nâga-Bereiche der unteren Region insgesammt! Das durch Amṛta heilende Wort des Nâga-Hunddertausend unbeirrt aufnehmend und darnach wandelnd, werdet ihr sicherlich die Kraft der Befreiung erlangen. Es giebt für die Gestalt keine Ursache des Eintritts in den Kreislauf; es giebt für die Gestalt keine Frucht des Austritts[2]) aus dem Kreislauf; ist die Gestalt über die beiden Gränzen des Kreislaufs-Ein- und Austritts hinausgekommen, so ist dies auf dem ohne beide stattfindenden Wege der Befreiung von Ursache und Frucht die Ruhe (Seligkeit). Ebenso in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.»

Nachdem des *g*Schen-rabs Barmherzigkeit das weisse Nâga-Hunderttausend vor- 23*
getragen hatte, wurden die Nâga- und Erdherren-Bereiche der unteren Region beschwichtigt, nicht mehr böse Krankheiten und Haar-Pfeile entsendend, erlangten sie beruhigten Gemüths eine Stütze. Wird in den nachfolgenden lebenden Wesen Glaube erweckt, das heilige weisse Nâga-Hunderttausend vorgetragen, so wird der bösen Erdherren, Götter-Nâga's, Nâga-*g*Njan Groll in Stücke gehen; Nâga-Krankheiten, *g*Njan-Krankheiten werden geheilt und das Glück erstarken; Heilkräuter, Früchte, Ernten rechtzeitig reifen, der lebenden Wesen Nachkommenschaft sämmtlich zunehmen, der Weisheit Herrscher leuchten. 24
Des Blitzes..... Kinder und Enkel werden zunehmen[3]), der Gegenden Wasser, Flüsse, Kräuter, Bäume reifend, Kraft und Zunahme finden; es werden Taubheit, Stummheit, Krüppelhaftigkeit, Blindheit, Blödsinn, Aussatz aufhören, die Länder rein und lauter werden, endlich auch, nachdem auf dem alles Gute hervorbringenden Wege die Ansammlung vollendet, das Wesen des ergriffenen Weges erkannt ist, die allerhöchste Stufe erreicht werden.

Der zweite Abschnitt: Die von der Erd-Gebieterin der unteren Region, der goldfarbenen Sthâvarâ mit dem goldenen Kruge, an den Lehrer *g*Schen-rabs gerichtete Frage über die Gesetze des Kreislaufs-Ein- und Austritts.

---

1) Im Mongol. «Übel»; im Tib. དུག

2) Buchstäblich ལྡོག་པ Rückkehr.

3) རྒྱས་གནས་འཕེལ་བའི་ལུ་ཚོ་རིགས་; im Mongol. ist diese Stelle nicht übersetzt.

Darauf stieg der Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo mit einer Umgebung von 1500 Boddhisattva's von dem Gipfel des Sumeru, des Königs der Berge, herab voll Barmherzigkeit zum Heil der Wesen der vier Weltgegenden, des Ostens, Südens, Westens und Nordens. Es erbebten die Weltenräume, sie erbebten sehr, sie erdröhnten, erdröhnten sehr, wankten, wankten sehr, schwankten, schwankten sehr und waren auch ohne dies in starker Bewegung. Am Himmel erglänzten strahlende Farben. Auf dem Erdboden erhob sich ein grosser
24* Blumenhain. Die in der Welt wohnenden lebenden Wesen brachten alle treffliche Werke zu Stande. Die den lebenden Wesen überaus feindlichen Truggestalten in Menge, die fünf Geschlechter der Nâga-Stadt begannen dem Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo Nâga-Zauber zu zeigen, auf die anderen lebenden Wesen Nâga-Krankheiten zu entsenden, alle Nâga-Kshatrija's mit Menschenkörper und Kopf, mit Edelstein-Kamm und Hülle[1]), Schlangen-Fangschlingen ergreifend, begannen sie auf *g*Schen-rabs Haupt zu werfen, alle lebenden Wesen zu binden; alle Nâga-Vaicja's mit Menschenkörper und Gänsekopf, mit Türkis-Kamm und Hülle Frosch-Schleudern[2]) ergreifend, begannen sie auf *g*Schen-rabs Körper zu werfen und die anderen lebenden Wesen zu schlagen; die Nâga-Çûdra's alle, mit Menschenkörper und Rindskopf, mit Eisen-Kamm und Hülle, giftiges Krankheits-Wasser ergreifend, begannen es auf *g*Schen-rabs Umgebung, auf alle lebenden Wesen zu spritzen; alle Nâga-Brahmanen mit Menschenkörper und Mäusekopf, mit Kupfer-Kamm und Hülle, begannen, blaurothe Stricke[3]) windend, *g*Schen-rabs Umgebung, alle lebenden Wesen zu binden; alle
25 Nâga-Tshândala's mit Menschenkörper und Spinnengliedern, mit Eidechsenkopf und Bronze-Stacheln, begannen mit bösen Haar-Pfeilen, schwarzen und weissen Wasserblasen *g*Schen-rabs Umgebung und die lebenden Wesen dornenartig zu stechen. Die Bodhisattva-Schaaren auch geriethen mit grossem Bedenken in Furcht und alle anderen lebenden Wesen in überaus grosse Angst und Schrecken. Da baten die Bodhisattva-Schaaren im Angesicht des Lehrers also: «O Lehrer *g*Schen-rabs, mächtiger Herr der Barmherzigkeit, der du gegen alle lebenden Wesen gleich wie gegen Kinder Liebe hast, da durch der schwarzen Nâga's grosse Bosheit Schreck entstanden, Nâga-Krankheiten eingetreten, mögest Krankheit du durch Krankheit scheuchen, durch des Zaubers Kraft das Land erschütternd kommen».

*g*Schen-rabs sprach: «Obschon in dem *g*Jung-drung-Gesetz die Wissenskraft geläutert ist, sind doch die Schaaren der Umgebung jetzt des Looses der lebenden Wesen theilhaft, auch nicht befreit von dem Gebrechen des Bedenkens; ich, der Wesen vorzüglichstes bin frei vom Staube des Bedenkens und werde des Nâga-Zaubers Bosheit beschwichtigen; die

---

1) ཅིན་ཆེན་རེ་ཐོག་སྐྱེག་མ་ཅན།

2) རྒྱང་རྩོ།, auch རྒྱང་རྩོ་ wird von der mongol. Übersetzung auch als Fangschlinge aufgefasst, ich fasse es = འཕངས་རྩོ།, habe jedoch keinen Beleg dafür.

3) ཀྱང་ཐག་, ob = དཀྱང་ཐག་? s. Jäschke u. d. W. Die mongol. Übersetzung hat xarijalun degesun Fluch-Strick.

Schaaren aber sollen sich nicht fürchten, sondern Barmherzigkeit gegen die Nâga's haben; 25*
die von dem Schmerz bedrängten Nâga's sind mein Bereich».

Als der Lehrer so zu seiner Umgebung gesprochen hatte, that er die Mudrâ der zusammengelegten Handflächen auf sein Herz und sagte diesen Kernspruch her:

Oṁ âra ma dun aling shil a pas 'khor mu he lang pa drug pa jongs la spjod a jor hûṁ metra ma kha ts'a me mu la brdal, shwa bar shu shu shum ts'e tsed lu tsa tad la | oṁ karuṇa nâgarâǵa tsale tsale, hûṁ baji tsa je | huja huja nâgarâǵa stenapaja, karuṇa hûṁ phaṭ svâhâ[1]).

Nachdem er so gesprochen hatte, wurde durch des Lehrers, des barmherigen *g*Schen-rabs, Mudrâ-Handflächenfaltung-Segen und durch die Kraft des Kernspruchs des Lehrers vorzüglicher Körper zum Vogelkönig Garuḍa. Die Nâgarâdsha's und 5 Nâga-Kasten alle, nicht mehr an die bösen Zauberstücke denkend, ergriffen sämmtlich zitternd nun die Flucht; des Lehrers Schaaren wurden alle von den Garuḍa-Flügeln bedeckt. Zu der Zeit fragten den Lehrer *g*Schen-rabs des Nâga-Reiches fünf Kasten in Çloka's nach einander. Zuerst fragte die weisse Kshatrija-Kaste also. Der über die Nâga-Kshatrija's gebietende Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte Çaṅkhapâla genannt, an Körperfarbe polirter weisser Schnecke gleich, den Kopfschmuck mit tausend weissen Schlangen verziert, als Handzeichen eine 26
Udumbara-Blüte haltend, auf goldenem Throne sitzend, von einer Schaar von hunderttausend weissen Nâga's umgeben, beugte vor *g*Schen-rabs das Knie, legte die Handflächen aneinander und auf andächtige Weise hervortretend, fragte er: «Da alle bedrängten Wesen der drei Regionen den trefflichen Sinn des Wahren nicht erkannt haben, ist einer Gegner des anderen geworden, zu unserem, der Nâga, Gegner ist der Garuḍa auserlesen. Zu dieser Frist sind vor dem solchen Zauber kennenden vorzüglichen Manne die Nâga's alle furchtvoll und zitternd davongelaufen. Dieser ist zum Heil gekommen[2]). Zum Heil gekommener Lehrer voll Barmherzigkeit, uns den Nâga-Kshatrijas geruhe vorzutragen das wahrhafte Zauber-Gesetz; wir Zauber-Nâga's auch werden deines Leibes treffliche Umgebung bilden. Die Truggestalt des Vogelkönigs Garuḍa geruhe zu vernichten und der Barmherzigkeit Können und Wissen vereinigend die Schmerzen der Nâgakrankheiten zu beschwichtigen».

Durch diese Worte gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Dass du Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte Çaṅkhapâla mit einer Schaar von Hunderttausend gefragt hast, ist gut. Ihr Nâga-Kshatrija's füget den lebenden Wesen keinen Schaden zu». 26*

Als er so gesprochen hatte, liess er die Gestalt des Vogelkönigs Garuḍa schwinden und nahm wiederum seinen mit den Merkmalen und Proportionen versehenen Körper an; sein

---

1) ཨོཾ་ཨཱ་རཾ་དུན་ཨ་ལིང་ཞིལ་ཨ་པས་འཁོར་མུ་ཧེ་ལང་པ་དྲུག་པ་ཇོངས་ལ་སྤྱོད་པ་རྫོགས་པ་སྲོད་ཤྭ་བར་ཤུ་ཤུ་ཤུམ་ཙེ་བཙེད་ལུ་ཙ་བཏད་ལ། ཨོཾ་ཀ་རུ་ཎ་ནཱ་ག་རཱ་ཛ་ཙ་ལེ་ཙ་ལེ། ཧཱུྃ་བ་ཇི་ཙ་ཛེ། ཧུ་ཇ་ཧུ་ཇ་ནཱ་ག་རཱ་ཛ་སྟེ་ན་པ་ཇ། ཀ་རུ་ཎ་ཧཱུྃ་ཕཊ་སྭཱ་ཧཱ།

2) བདེ་བར་གཤེགས་པ = Sugata.

Antlitz lächelte die Nâga-Kshatrija's an und die von ihm vorgetragene Lehre hatte folgenden Wortlaut: «Nicht durch grossen Zauber schreckend, nicht durch Bosheit verschiedene Krankheiten ohne Zahl entsendend, höret also, Nâga-Kshatrija's, zu, während ich das zauberhaft wahre Gesetz vortrage».

Als er so geredet hatte, gossen die Bodhisattva-Schaaren zum Frommen in allen Weltgegenden den Rauch von Räucherwerk und Arzneien zu Wolken ansammelnd, Wasser-Arznei und Kräuter-Milch gemischt, sieben Sandelholz-Arzneien aus; neun Arten heiligen Bade-Wassers mengend, besprengten sie die bösen Nâga-Bereiche mit dem durch den Rauch geläuterten Wasser, und mit den Säften sie stärkend heilten sie mit den Arzneien. Dadurch dass sie das Antlitz des *g*Schen-rabs erblickten, sein Wort vernahmen, durch die Kraft dieser Ursache und Folge legten die Truggestalten zeigenden Nâga-Geschlechter ihre frühere böse Natur[1]) ab und wurden der friedlichen Natur der Milde theilhaft. Durch die Barmherzigkeit von *g*Schen-rabs wurden die weisse Kshatrija-Kaste und die übrigen, die Vaiçja-,
27 Çûdra-, Brahmanen- und Tshâṇḍala-Kaste zu viererlei Bonpo's; die Nâga's mit dem Nâga-Kshatrija's an der Spitze, von überaus klarem Glauben beseelt, brachten verschiedene Milch-Arten, Rinder- und Wasser-Milch u. s. w., verschiedene Arten Udumbara-Blüten, verschiedene Arten von Edelsteinen, Goldstaub u. s. w., verschiedene Arten von Speisen: Meeres Schaum[2]) u. s. w., Seiden-Gehänge[3]) und Blumen-Härchen[4]), mit dem Lotus tragenden Nâga-Baum Becken anfüllend dem Lehrer opfernd dar.

Darauf sprach der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla zu *g*Schen-rabs: «Mahâpurusha, lehrende Leuchte, da wir Nâga-Kshatrija's beruhigt von geringer Bosheit sind, den lebenden Wesen nicht schadend, ihnen nützen und obwohl das Tugendverdienst sehr gross ist, vor Erlangung der Befreiung der Schmerz des Geborenwerdens und Sterbens fortdauert, so wird die reine Frucht, welche des Geborenwerdens und Sterbens baar ist, wodurch erlangt? Da es sehr schwer ist das Angesicht des alle Arten des Wissens Innehabenden zu erblicken, so geruhe, aus dem Innern des Geistes den wahren Begriff hervorholend, uns den Nâga-Kshatrija's denselben vorzutragen».

*g*Schen-rabs sprach: «Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla und die übrigen
27* Nâga-Kshatrija's alle,* höret mit gläubigem Gemüth! Wünschest du, grosser Nâga Çañkhapâla, die reine Frucht, welche des Geborenwerdens und des Sterbens baar ist, zu erlangen, so musst du den Bodhisattva-Wandel einschlagen, mit gläubigem Gemüth dich anstrengend, den Wandel heiliger Werke übernehmen, in dem Gestalt-Kreislauf nicht verweilen, an dem Gestalt-Kreislauf nicht haften, nach dem Gestalt-Kreislauf nicht wandeln; das Verlangen nach dem Gestalt-Kreislauf ist von Anfang an Ursache der Wiederkehr. Ebenso auch in Betreff des Wahrnehmens u. s. w.»

1) གནོད་པའི་ཚོར་བ

2) རྒྱ་མཚོའི་སྐྱུ་བ, ob = समुद्रफेण Os Sepiae? s. Böhtlingk und Roth u. d. W.

3) རྒྱ་དར་གྱི་གླུ་ལེན

4) མེ་དོག་གི་སྐྱུ་བུ

Der Nâga-Kshatrija mit dem weissen Licht Çañkhapâla fragte *g*Schen-rabs: «Um mit 28*
dem Verlassen der Grundlage des Anhaftens Bodhisattva zu werden giebt es welche Art und Weise oder welches Mittel durch Werke und Wandel dies zu erreichen?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla und die übrigen Nâga-Kshatrija's insgesammt, höret mit gläubigem Gemüthe. O Nâga-Kshatrija Çañkhapâla, auch ich habe früher in der Vollkommenheit des Gebens beständig als Bodhisattva wandelnd auf diese Weise die grosse Befreiung erlangt und auch jetzt werden die endlosen lebenden Wesen an das Verdienst glaubend nach dem Beispiel der früher gekommenen Sugata's in der Vollkommenheit des Gebens beständig als Bodhisattva's wandelnd, aus der Schmerzens-Stadt entschwunden, die grosse Befreiung erlangen. Ebenso in der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

Der Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte Çañkhapâla fragte *g*Schen-rabs: «O Lehrer, 30
wenn nun die Bodhisattva's nach dem Befreiungs-Gesetz wandelnd aus dem Kreislauf erlöst sind, welcher Art sind dann die Merkmale und die Wesenheit des Befreiungs-Landes?»

*g*Schen-rabs antwortete: «Es verhält sich so, Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte und die übrigen Nâga-Kshatrija's insgesammt, höret mit gläubigem Gemüth: O Nâga-Kshatrija Çañkhapâla, das sogenante Befreiungs-Land[1]), das Bonthum[2]) und der Geist[3]) sind gleichbedeutend. Da man auf das Merkmal achtgebend, die Wesenheit nicht erkennen kann, in der Gestalt die Merkmale nicht erfasst und in der Gestalt auch * die Wesenheit nicht er- 31
kennt, so ist dies, wenn man die Natur der Leere der Gestalt erkennt und an der Gestalt nicht haftend unbeirrt bleibt, auf dem Befreiungswege die Ruhe. Ebenso in Betreff des Wahrnehmens u. s. w.»

«Haben sie in den Befreiungs-Gesetzen die Natur der Leere erkannt, so werden sämmt- 33
liche Nâga-Kshatrija's Bodhisattva's werden, wenn die der Nebel-Finsterniss gleiche Unwissenheits-Bethörung verscheucht und die sonnengleiche Weisheits-Kunde aufgegangen ist, Befreiung erlangen.»

Der dritte Abschnitt; Die von dem Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla an *g*Schen-rabs gerichtete Frage über die Befreiungs Hitze lehrende Leere der Bonpo's[4]).

Darauf bat den Lehrer *g*Schen-rabs der über die Nâga-Vaiçja's die Herrschaft ausübende gelbstrahlende Nâga-Vaiçja Karkoṭaka[5]) von gelber Körperfarbe, den Kopfschmuck

---

1) གཤང་བའི་ཡུལ

2) བོན་ཉིད

3) སེམས་ཉིད

4) གཤང་བའི་རྟེད་ཚུལ་བསྟན་བའི་བོན་སྟོང་པ

5) སྐྱོབས་མཆོག es ist dies eine abweichende Übersetzung des Namens, der sonst durch སྐྱོབས་ཀྱི་རྒྱལ sowohl bei den Buddhisten als auch bei den Bonpo's wiedergegeben wird.

mit tausend goldenen Schlangen verziert, als Handzeichen eine Utpala-Blume haltend, auf einem kostbaren Türkis-Throne sitzend, von einer Schaar von Hunderttausend gelben (Nâga's) umringt, vor *g*Schen-rabs das Knie auf die Erde setzend, die Handflächen zusammenlegend und mit andächtiger Weise hervortretend, also:

«Wir Nâga-Vaiçja's haben im Gemüth zweierlei: Freundschaft und Feindschaft; sind
34 die lebenden Wesen gut, so erweisen wir ihnen Nutzen; thun sie unrecht, so fügen wir ihnen Schaden zu. Ursache und Folge hiervon sind woraus entstanden? Da es überaus schwer ist das Antlitz des alle Arten des Wissens Innehabenden zu erblicken, so geruhe du, aus der Mitte des Geistes den wahren Begriff hervorholend, uns denNâga-Vaiçja's, denselben vorzutragen».

Also gebeten sprach *g*Schen-rabs: «Es verhält sich so: «Gelbstrahlender Nâga-Vaiçja Karkoṭaka und die übrigen Nâga-Vaiçja's insgesammt, höret mit gläubigem Sinn. O Nâga-Vaiçja Karkoṭaka, dass der Götter-Sinn durch seine Ruhe Nutzen erweist, der böse Sinn durch seine Bosheit Schaden zufügt, geschieht, weil seit unermesslicher früherer Zeit der jetzige Körper fortwährend das Ich und das Andere ergreifend, das Gebrechen des Unrechts nicht aufgegeben hat. Auf diese Weise ist die Gestalt nicht wie das Ich, aber auch nicht wie das Andere aufzugeben. Die Gestalt bringt nicht Nutzen wie das Ich, soll aber auch nicht schaden wie das Andere; die Gestalt bringt nicht den Bereich der Ruhe zu Stande, wird aber auch nicht zu bösen Werken gewiesen. Ebenso auch das Wahrnehmen u. s. w.»

35* Der gelbstrahlende Nâga-Vaiçja Karkoṭaka fragte *g*Schen-rabs: «Auf welche Weise kann die Ursache und Folge des Gesetzes, das Gebrechen des Unrechts des Ergreifens des Ichs und des Anderen von alter Zeit bis auf die Gegenwart aufgegeben werden?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Gelbstrahlender Nâga-Vaiçja Karkoṭaka und die übrigen Nâga-Vaiçja's insgesammt, höret mit gläubigem Sinne: Grosser Nâga Karkoṭaka, früher habe auch ich das Unrecht des Gebrechens der Ergreifung des Ichs und des Anderen, nachdem ich in des Gesetzes Ursache und Folge zur Vollkommenheit des Gebens gelangt war, durch den Vortrag der Begriffs-Vollkommenheit aufgegeben und auch jetzt werden die Nâga-Vaiçja's, nachdem sie den Begriff der Vollkommenheit des Gebens erkannt und einen gleichmässigen, von Ruhe und Zorn freien Sinn erzeugt, zu des Bonthums unparteiischer grosser Gleichheit gelangen. Ebenso auch in Betreff der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

37 Der gelbstrahlende Nâga-Vaiçja Karkoṭaka fragte *g*Schen-rabs: «Gut, o Lehrer, was ist die Wesenheit und welche sind die Merkmale der von dem Ich und dem Anderen freien grossen Gleichheit?»

*g*Schen-rabs antwortete: «O gelbstrahlender Nâga-Vaiçja Karkoṭaka und die übrigen Nâga-Vaiçja's insgesammt, höret mit gläubigem Sinne! Grosser Nâga Karkoṭaka, diese von dem Ich und dem Anderen freie grosse Gleichheit ist der Wesenheit nach nicht zu fassen, den Merkmalen nach nicht zu fassen. Wird sie erfasst und ergriffen, so ist sie durch

den Irrthum Grundlage des Kreislaufs. Deshalb ist die Gestalt von Anfang an nicht zur Wesenheit vollendet, ebenso das Wahrnehmen u. s. w.»

Als die Barmherzigkeit des *g*Schen-rabs das Nâga-Hunderttausend vorgetragen hatte, 40
wurden alle Nâga-Vaiçja's Bodhisattva's und nachdem die der Nebel-Finsterniss gleiche Unwissenheits-Finsterniss verscheucht und die sonnengleiche Weisheits-Kunde aufgegangen war, erlangten sie die Befreiung.

Der vierte Abschnitt: Die von dem gelbstrahlenden Nâga-Vaiçja Karkoṭaka an *g*Schen-rabs gerichtete Frage über das Gesetz des Gebrechens des Unrechts in Betreff des Ichs und des Anderen.

Darauf fragte den Lehrer *g*Schen-rabs der über die Nâga-Çûdra's die Herrschaft ausübende blauflammende Nâga-Çûdra Vâsuki[1]) von dunkelblauer Körperfarbe, den Kopfschmuck mit tausend Türkisschlangen verziert, als Handzeichen einen Lotus haltend, auf einem Kupfer-Throne sitzend, von einer Schaar von hunderttausend blauen (Nâga's) umgeben, vor *g*Schen-rabs das Knie auf die Erde setzend, die Handflächen zusammenlegend, auf andächtige Weise hervortretend, also: «Wir Nâga-Çûdra's, im Gemüth bösen Sinn und Härte habend, am Körper böse Schreckens-Zähne tragend, bedrohen die lebenden Wesen mit grossem Schaden. Woher ist Ursache und Folge davon entstanden? Da es sehr schwer ist das Antlitz des alle Arten von Wissen Innehabenden zu erblicken, so geruhe aus der Mitte des Geistes den wahren Begriff hervorholend, uns den Nâga-Çûdra's denselben vorzutragen». 40*

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Blauflammender Nâga-Çûdra Vâsuki und die übrigen Nâga-Çûdra's insgesammt, höret mit gläubigem Sinne: Grosser Nâga Vâsuki, dass ihr im Gemüthe bösen Sinn und Härte habend, allen lebenden Wesen schadet, geschieht, weil seit unermesslicher früherer Zeit bis auf jetzt das Gebrechen des Unrechts das *g*Jung-drung-Gesetz nicht gehört zu haben da ist. Deshalb ist die Gestalt im gJung-drung-Gesetz kennen zu lernen, die Gestalt im *g*Jung-drung-Gesetz aufzuhellen, die Gestalt im *g*Jung-drung-Gesetz zu prüfen, die Gestalt im *g*Jung-drung-Gesetze zu verehren. Ebenso die Wahrnehmung u. s. w.»

Der blauflammende Nâga-Çûdra Vâsuki fragte *g*Schen-rabs: «Um dieses von früherer 41
unermesslicher Zeit bis auf die Gegenwart fortdauernde Gebrechen der Verdummung durch die Läuterung im *g*Jung-drung-Gesetz zu beseitigen, wie ist da von Anfang an der Reihe nach zu verfahren?»

Also gefragt sprach *g*Schen-rabs: «Es ist gut, es ist gut. Es verhält sich also: Grosser Nâga flammender Vâsuki und die übrigen Nâga-Çûdra's, höret gläubigen Sinnes zu. Grosser Nâga Vâsuki, die Vollkommenheit des Gebens ist Ursache des Bonthum-Heils[2])

---

1) ཕྱག་རྒྱ་ནག་པོ; die gewöhnliche Übersetzung des Namens Vâsuki ist freilich ཅོར་ཆུས་ཀྱི་, allein ich halte die vorliegende deshalb für gerechtfertigt, weil ནག་པོ unter den Namen Vishnus (=ཁྱབ་འཇུག) vorkommt; s. Böhtlingk-Roth im Wörterbuch u. d. W.

2) བཅོམ་ལྡན་གཡུང་དྲུང

Tritt man in dieses Bonthum-Heil ein und wandelt nach demselben, so werden die Stacheln
42 der Bosheit zur Ruhe gebracht. Deshalb muss man in die Vollkommenheit des Gebens eintreten, die Vollkommenheit des Gebens kennen lernen, sich der Vollkommenheit des Gebens befleissigen, an die Vollkommenheit des Gebens glauben. Ebenso auch in Betreff der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

43* Der blauflammende Nâga-Çûdra Vâsuki fragte *g*Schen-rabs: «Da das *g*Jung-drung-Gesetz viele Abtheilungen hat und man sie der Reihe nach befolgt, wie sammelt man sie im Geiste?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Es verhält sich also: Blauflammender Nâga-Çûdra Vâsuki und die übrigen Nâga-Çûdra's insgesammt, höret mit gläubigem Sinn! Grosser Nâga Vâsuki, wenn man auch nach und nach des Gesetzes Abtheilungen befolgt, so ist es doch in der Mitte des Geistes eins, im Worte das über die Gedanken hinausgehende Ausgespro-
44 chene dem Begriff nach im Bereich des Geistes eins[1]). Deshalb hat die Gestalt, da sie nicht als wirklich[2]) vorgestellt werden kann, die Natur der Leere, ist die Gestalt, da sie nicht als wirklich vorstellbar ist, ein Tropfen der Leere, die Gestalt die nicht als wirklich vorzustellende veränderliche Natur der Mitte[3]); da die Gestalt in der Leere erscheint, wird sie im Geiste aufgefasst; ebenso das Wahrnehmen u. s. w.»

46* Nachdem des *g*Schen-rabs Barmherzigkeit das Nâga-Hunderttausend vorgetragen hatte, wurden alle Nâga-Çûdra's Bodhisattva's; ohne den lebenden Wesen insgesammt zu schaden, erwiesen sie ihnen Nutzen und nachdem die der Nebel-Finsterniss gleiche Unwissenheits-Finsterniss verscheucht und die sonnengleiche Weisheits-Kunde emporgestiegen war, erlangten sie die Befreiung.

Der fünfte Abschnitt: die von dem blauflammenden Nâga-Çûdra Vâsuki an *g*Schen-rabs gerichtete Frage über die wahrhafte Läuterung der Bosheit und Härte.

Darauf fragte der über die Nâga-Brahmanen die Herrschaft ausübende Nâga-Brahmane mit rother langer Flechte Hala[4]) genannt, an Körper flammend mit rothem Lichte, den Kopfschmuck mit tausend Kupferschlangen verziert, als Handzeichen eine Halo-Blume[5])
47 haltend, auf einem kostbaren Eisen-Throne sitzend, vor *g*Schen-rabs das Knie auf die Erde setzend, die Handflächen zusammenlegend und auf andächtige Weise hervortretend, also:

---

1) བོད་ སྐོ་ རིམ་བས་སྡུད་ཀྱང་མེམས་ཀྱི་ཀློད་ དུ་གཅིག། ཚིག་ ཀུ་བསམ་ འདས་ བརྗོད་ ཀྱང་ དོན་ དུ་ འེས་ བར་མེམས་ ཀྱི་ དབྱིངས་སུ་གཅིག

2) དོན་དམ་བར

3) གཟུགས་ནི་དོན་དམ་ བར་མི་ འཁྱུར་བ་ གའི་ཀློང་ཀྱི་ དོ

4) Vielleicht identisch mit dem im Mahâbhârata (s. Böhtlingk und Roth) vorkommenden Halika.

5) ཀ་ཝི, wahrscheinlich = कह्लक, rothe Lotusblüte.

«Wir Nâga-Brahmanen mit hellen Sinnen und grossem Zorn, mit Fleisch und Blut uns nährend, üben wir auf das Leben der lebenden Wesen Macht aus. Woraus ist Ursache und Folge hiervon entstanden? Da es sehr schwer ist das Angesicht des alle Arten des Wissens Innehabenden zu erblicken, so geruhe, aus der Mitte des Geistes den wahren Begriff erfassend, uns den Nâga-Brahmanen denselben vorzutragen».

Also gebeten, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Brahmane mit rother Flechte Hala und die übrigen Nâga-Brahmanen insgesammt, höret mit gläubigem Sinn; es ist gut, dass ihr gefragt habt; es ist gut. Es verhält sich also: Grosser Nâga Hala mit langer Flechte, im Gemüth von Zornesfeuer lodernd, in der Hand böses Gift hegend, wird man in bösem Höllen-Ort wandelnd, wenn man hier gestorben ist, sofort wiedergeboren; deshalb ist Milde der Gestalt zu erzeugen, ist Barmherzigkeit der Gestalt zu zeigen, muss die Gestalt in dem *g*Jung-drung-Gesetz untergebracht werden. Ebenso die Wahrnehmung u. s. w.»

Ferner fragte der Nâga-Brahmane mit rother langer Flechte Hala *g*Schen-rabs: «O 48
Lehrer, wenn man Milde und Barmherzigkeit hat, was für Nutzen und Frucht hat man?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Brahmane mit langer rother Flechte Hala und die übrigen Nâga-Brahmanen insgesammt, höret mit gläubigem Gemüth. Dass ihr mich gefragt habt, ist gut, ist gut. Es verhält sich also: Wandelt man in der Vollkommenheit des Gebens, so ist es Seligkeit[1]), tritt man in die Vollkommenheit des Gebens ein, so ist es Seligkeit, weilt man in der Vollkommenheit des Gebens, so ist es Seligkeit, bleibt man in der Vollkommenheit des Gebens unbeirrt, so ist es Seligkeit. Ist man im Besitz dieses Begriffs, so ist dies der Himmel des Bonthums; ist man im Besitz dieses Begriffs, so ist dies das *g*Jung-drung des Bonthums; ist man im Besitz dieses Begriffs, so ist dies das Wissen[2]) des Bonthums. Ebenso mit der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

Ferner fragte der Nâga-Brahmane mit langer rother Flechte Hala den *g*Schen-rabs 50
also: «O Lehrer, wenn man also im Gesetz (bon) gewandelt ist, ist dies dann die lange Ewigkeit der unwandelbaren grossen Seligkeit[3])?»

Also gefragt, sagte *g*Schen-rabs: «Nâga-Brahmane mit langer rother Flechte Hala und die übrigen Nâga-Brahmanen insgesammt, höret mit gläubigem Sinn: Grosser Nâga 50*
mit langer Flechte Hala, wie am Himmel die Regenbogen sonder Zahl sind, wenn man aber den Begriff mit dem Geist erfasst, im Himmelsraum nur einer ist, wenn der Worte Zahl auch zehn Millionen, hundert Millionen beträgt[4]), dem Begriff nach aber in einem Tropfen gesammelt wird, so wird, wenn des Lehrers Wort auch stufenweise gelehrt wird, dasselbe im Begriff durch das grosse Unwandelbare bezeichnet. Deshalb ist die Gestalt in der Leere[5])

---

1) གནེ་བ

2) རིག་པ

3) གནེ་བ་ཆེན་པོ་ལས་མི་འགྱུར་བར་ཡྱུན་དུ་རྒྱུ་བ

4) ཐེ་བ་དུང་བྱུར = Skrt. कोटि und न्यर्बुद

5) སྟོང་པ་ཉིད་ཅན

von nicht bestimmbarer Ausdehnung, ist die Gestalt in der Leere nicht zur Wirklichkeit zu bringen, füllt die Gestalt nicht die Ursache der Geburt aus, wird die Gestalt im Umfang[1]) nicht zur Wirklichkeit gebracht; ebenso die Wahrnehmung u. s. w.»

53 Nachdem des *g*Schen-rabs Barmherzigkeit das weisse Nâga-Hunderttausend vorgetragen hatte, wurden die Nâga-Brahmanen Bodhisattva's; ohne den lebenden Wesen Schaden zuzufügen, erwiesen sie denselben Nutzen und nachdem die der Nebel-Finsterniss gleiche Unwissenheits-Finsterniss verscheucht und die sonnengleiche Weisheitskunde emporgestiegen war, erlangten sie die Befreiung.

Der sechste Abschnitt: Die von dem Nâga-Brahmanen mit der langen rothen Flechte Hala an den Lehrer *g*Schen-rabs gerichtete Frage über das den Begriff des grossen Unwandelbaren aussprechende Gesetz.

Darauf fragte den Lehrer *g*Schen-rabs der über die Nâga-Tshâṇḍala's die Herrschaft ausübende schwarze Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha[2]), an Körperfarbe bläulich-schwarz strahlend, den Kopfschmuck mit tausend schwarzen Bronze-Schlangen geziert, als Handzeichen eine Gift-Dornblume haltend, auf einem kostbaren Bronze-Throne sitzend, von einer Schaar von hunderttausend schwarzen (Nâga's) umgeben, vor *g*Schen-rabs das Knie auf die Erde setzend, die Handflächen zusammenlegend und auf andächtige Weise hervortretend, also: «O Lehrer, wir Nâga-Tshâṇḍala's, gedächtnisslose Finsterniss im Geiste nährend, in des Körpers vielen Gliedern Bosheit, was wir packen, lassen wir nicht los. Ursache und Folge hiervon sind woraus entstanden? Da es sehr schwer ist das Antlitz des alle Arten
53* von Wissen Innehabenden zu erblicken, so geruhe du, aus des Geistes Mitte den wahren Begriff hervorholend, uns den Nâga-Tshâṇḍala's insgesammt denselben vorzutragen».

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Tshâṇḍala vielarmiger Graha und die übrigen Nâga-Tshâṇḍala's, höret mit gläubigem Sinn: Dass ihr gefragt habt, ist gut, ist gut. Es verhält sich also. Grosser Nâga vielarmiger Graha, dass ihr im Geiste grosse Bethörung habet und mit den vielen Gliedern wohin ihr nur reichet packend aus Bosheit nicht loszulassen verstehet, geschieht weil von der ersten Geburt an bis auf die Gegenwart in dem Bösen der Gegner ohne Wissen ist; deshalb wird durch die Unwissenheit der Gestalt Wissen erzeugt, durch die Finsterniss der Gestalt Helle verbreitet, durch die Umwölkung[3]) der Gestalt Bewusstsein hervorgebracht. Die Gestalt auf solche Weise zu wissen ist das Innehaben des Wissens der Beruhigung[4]). Ebenso auch das Wahrnehmen u. s. w.»

54* Ferner fragte der schwarze Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha den *g*Schen-rabs: «Da dem Gemüthe Finsterniss beigemischt ist und der durch die gedächtnisslose Bosheit packende und nicht loszulassen verstehende Gegner ohne Einsicht ist, wie geschieht es, dass Wissen entsteht?»

---

1) ཁྱབ་ཡ་དང་སོ་མར་གྱུར་བའི

2) འཇིག་རྟེན་ལྷག་མང

3) ཞེབས་པ

4) ཞི་གནས་ཡེ་ཤེས་རིག་པ

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Tshâṇḍala vielarmiger Graha und die übrigen Nâga-Tshâṇḍala's höret mit gläubigem Sinn: Dass ihr gefragt habet, ist gut, ist gut. Es verhält sich also: O grosser Nâga vielarmiger Graha, wenn in der Vollkommenheit des Gebens das Wissen emporgestiegen ist, so wird von der Bosheit nicht erfasst, nach Verscheuchung der Bethörung Güte erzeugt. Ist in der Vollkommenheit des Gebens die Kunde emporgestiegen und erhellt sie, so wird der durch die Glieder der Wesen unerschütterte Amṛta-Strom zunehmen. Deshalb erzeugen in der Vollkommenheit des Gebens die bethörten Nâga's das Wissen, befleissigen sich die wissenden Nâga's der Weisheit, erstreben die bösen Nâga's Güte. Ebenso mit der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.»

Der Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha fragte *g*Schen-rabs: «Es geruhe der Lehrer 56*
die Anleitung vorzutragen, wie durch die Wissenden die Weisheit leuchtet, durch die Bösen die Seligkeit (der Ort der Ruhe) erlangt wird».

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: Nâga-Tshâṇḍala vielarmiger Graha und die übrigen Nâga-Tshâṇḍala's höret mit gläubigem Gemüth. Dass ihr gefragt habet, ist gut, ist gut. Es verhält sich also: Grosser Nâga vielarmiger Graha, erkennt man den Sinn des weissen Nâga-Hunderttausend, so ist die Gestalt nicht beständig, allein auch nicht vergänglich, die Gestalt geht über beide Gränzen hinaus. Hat man die Gestalt so zwiefach erkannt, so ist dies die grosse Weisheit, hat man die Gestalt also erkannt, so hat man Seligkeit erlangt. Bei den die Gestalt also erkannt habenden Individuen wird auch des *g*Schen-rabs und des Heistes Anleitungs-Hitze[1]) gekräftigt die Wurzel des Verdienstes zur Reife gebracht. Ebenso in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.»

Der siebente Abschnitt: Die von dem Nâga-Tshâṇḍala dem vielarmigen 59
Graha an den Lehrer *g*Schen-rabs gerichtete Frage über das Gesetz des erhellenden Wissens.

Als des *g*Schen-rabs Barmherzigkeit so das Nâga-Hunderttausend vorgetragen hatte, wurden die Nâga-Tshâṇḍala's Bodhisattva's. Nachdem die der Nebel-Finsterniss gleiche Unwissenheits-Finsterniss geschwunden und die der Sonne gleiche Wissenskunde aufgegangen war, erlangten sie die Befreiung. Durch den Segen des weissen Nâga-Hunderttausend erlangten die fünf grossen Nâga's und die übrigen *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Bereiche insgesammt sofort das vollkommenste Tugendverdienst und erreichten die allerhöchste Stufe, nicht mehr böse Haarpfeile entsendend, erwiesen sie mit beschwichtigtem Gemüthe Nutzen. Die in den Welträumen *g*Schen-rabs-gläubigen und die lebenden Wesen * der 59*
Nachwelt werden nachdem der Glaube geweckt ist wenn das heilige weisse Nâga-Hunderttausend geschrieben oder vorgetragen wird, der bösen Erdherren-, Götter-, Nâga-, *g*Njan-Feindschaft beilegen, von den Nâga- und *g*Njan-Krankheiten geheilt, zu gedeihlichem und weitreichendem Wohlstand kommen, Arzneien, Baumfrüchte, Ernte-Feldfrüchte rechtzeitig

1) ཏིང་ཚད།

reifen, der Kinder und Enkel Wachsthum zunehmen, Kälber, Schaafe, Sclaven sich mehren, der lebenden Wesen Geburten zunehmen insgesammt, des Wissens Sinn erhellt werden, in den Weltgegenden Wasser, Wind, Gras, Bäume insgesammt reifend gedeihen und blühen, Taubheit, Stottern, Krüppelhaftigkeit, Blindheit, Blödsinn, Aussatz aufhören, alle Reiche rein und geläutert werden; endlich noch nachdem auf dem alles Gute hervorbringenden Wege die Ansammlung vollendet, auf dem ergriffenen Wege die Wesenheit erkannt ist, sofort vollkommenstes Tugendverdienst und die allerhöchste Stufe erreicht, der vollendeten Einsicht Frucht sogleich erlangt werden. Der dieses heilige weisse Nâga-Hunderttausend schreibend, vortragend oder hersetzend mit Opfern oder Ehrenbezeigungen verehrende Gabenspender erlangt sofort vollkommenstes Tugendverdienst und die allerhöchste Frucht.

60 Darauf fragte der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla, an Körperform der polirten weissen Schnecke gleich, den Kopfschmuck mit tausend schneckenweissen Schlangen verziert, als Handzeichen eine Udumbara-Blüte haltend, von einer Schaar von hunderttausend weissen, hunderttausend gelben, hunderttausend blauen, hundertausend rothen, hunderttausend schwarzen, hunderttausend weissgelben, hunderttausend blau-weisslichen, hunderttausend roth-schwarzen, hunderttausend roth-grünen, hunderttausend fleckigen, mit einer Schaar von Millionen mal hunderttausend (Nâga's) umgeben, nachdem er den Lehrer tausendmal umkreist und sich vor ihm verneigt, nachdem er Udumbara-Blüthen auf den Körper des Lehrers gestreut, sein Knie auf die Erde gesetzt, die Handflächen zusammengelegt hatte, auf andächtige Weise hervortretend, also: «O Lehrer, der du allwissende Weisheit und trefflich emporgewachsene Tugend besitzest, giebt es da wir Nâga's, *g*Njan, Erdherren im Himmel, auf der Erde und im Wasser wohnend, anderswo nicht wohnen, uns gleiche? giebt es den in den fünf Nâgakasten u. s. w. befindlichen, in der Mitte wohnenden und anderswo nicht wohnenden Kshatrija's gleiche? giebt es den im Osten wohnenden und anderswo nicht wohnenden Vaiçja's gleiche? giebt es den im Süden wohnenden und anderswo nicht
60* wohnenden Çûdra's gleiche? giebt es den im Westen wohnenden und anderswo nicht wohnenden Brahmanen gleiche? giebt es den im Norden wohnenden und anderswo nicht wohnenden Tshâṇḍala's gleiche? giebt es den Nâga's-Nanda, Takshaka, Ananta, Manasvin[1]), Airâvata und Ratna-Tshûda, welche in den Nebenweltgegenden wohnen und anderswo nicht wohnen, gleiche?

---

1) So lese ich im Tibetischen གཉེ་ནྡེ་ལ་ statt des corrumpirten གཉེ་ཚེ་ལ་; demnächst folgt ཨོ་ཏ་ནན་ཏ་ར་, wofür das Mongolische oṁ ra hara darbietet, sowie offenbar hara = ཧ་ eine Uebersetzung von ནག་པོ་ ist; ich vermuthe eine Corruption aus ཨི་ན་ད་བ་ན་ oder aus ཨི་ན་བ་ན་, welche Wörter als Nâga-Namen ersteres im Muhabhârata I, 1551 und V, 3627, letzteres im Muhâvjutpatti Blatt 87 vorkommt.

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla nebst Umgebung, dass ihr gefragt habet, ist gut. Den im Himmel, auf der Erde und im Wasser wohnenden und anderswo nicht wohnenden Nâga's, *g*Njan und Erdherren gleiche giebt es nicht. Von den Nâga's giebt es in Flüssen, Bächen, im Meer, in Seen, in Lachen, in Quellen und kleinen Seen wohnende Nâga's; so auch an feuchten Stellen wohnende mit dem Gedanken nicht zu fassende, Nâga's, welche an Steinen wohnen, giebt es; Nâga's, welche an Felsen wohnen, giebt es; Nâga's, welche auf Bergen und Hügeln wohnen, giebt es; Nâga's, welche auf dem Erdboden wohnen, giebt es; Nâga's, welche in Bäumen wohnen, giebt es; Nâga's, welche in Teichen und Gräben wohnen, giebt es; im Himmel wohnende Nâga's giebt es. So giebt es auch auf dem Trocknen wohnende Nâga's, welche mit dem Gedanken 61
nicht zu fassen sind. Unter dem Huf des Nâga's Nilâçva[1]) (Blauross) befinden sich 500 Nâga-Städte; den in der Mitte wohnenden und anderswo nicht wohnenden Kshatrija's gleiche giebt es nicht; die Kshatrija-Kshatrija's, Kshatrija-Vaiçja's, Kshatrija-Çûdra's, Kshatrija-Brahmanen und Kshatrija-Tshâṇḍala's, diese wohnen in der Mitte der vier Weltgegenden. Den im Osten wohnenden und anderswo nicht wohnenden Vaiçja's gleiche giebt es nicht. Die Vaiçja-Kshatrija's, die Vaiçja-Vaiçja's, die Vaiçja-Çûdra's, die Vaiçja-Brahmanen und die Vaiçja-Tshâṇḍala's, diese wohnen in der Mitte der vier Weltgegenden. Den im Süden wohnenden und anderswo nicht wohnenden Çûdra's gleiche giebt es nicht. Die Çûdra-Kshatrija's, die Çûdra-Vaiçja's, die Çûdra-Çûdra's, die Çûdra-Brahmanen und die Çûdra-Tshâṇḍala's, diese wohnen in der Mitte der vier Weltgegenden. Den im Westen wohnende und anderswo nicht wohnenden Brahmanen gleiche giebt es nicht. Die Brahmanen-Ksatrija's, die Brahmanen-Vaiçja's, die Brahmanen-Çûdra's, die Brahmanen-Brahmanen, die Brahmanen-Tshâṇḍala's, diese wohnen in der Mitte der vier Weltgegenden. Den im Norden wohnenden und anderswo nicht wohnenden Tshâṇḍala's gleiche giebt es nicht. Die Tshâṇḍala-Kshatrija's, die Tshâṇḍala-Vaiçja's, die Tshâṇḍala-Çûdra's, die Tshâṇḍala-Brahmanen und die Tshâṇḍala-Tshâṇḍala's, diese wohnen in der Mitte der vier Weltgegenden. Den Nâga's Nanda, Takshaka, Ananta, Manasvin, Airâvata, Ratna-Tshûḍa, welche in den Nebengegenden wohnen und anderswo nicht wohnen, gleiche giebt es nicht. Sie wohnen in den Nebengegenden. Einen dem Gebieter der *g*Njan's der oberen Region, dem flammenden *g*Njan Çañkhaçirsha mit dem Türkisschopf, welcher im Himmel wohnt und anderswo nicht wohnt, gleichen giebt es nicht. Der weisse *g*Njan, der Sonnen-*g*Njan, der Mond-*g*Njan, der Sternen-*g*Njan, der Planeten-*g*Njan, der Regenbogen-*g*Njan[2]), der Wolken-*g*Njan, der Regen-*g*Njan, der Wind-*g*Njan u. s. w. mit dem Gedanken nicht zu fassende wohnen im Himmel

---

1) རྟ་ངོ་ཅན་; in Râǵataraṅgini VIII, 3215 folg. und 3232 kommen नीलाश्वउदाराः vor.

2) Nach der mongol. Übersetzung; der tibetische Text hat ཟིན་བཟང་ statt ཉོན་བཟང་

62 und im Luftraum. Die auf Eisbergen und Schieferfelsen[1]), Gräben und Wäldern, auf dem Erdboden und im Wasser wohnenden *g*Njan's sind mit dem Gedanken nicht zu fassen. Den auf der Erde wohnenden und anderswo nicht wohnenden Erdherren gleiche giebt es nicht. Die Erdgebieterin die goldfarbene Sthâvarâ, die Göttin Dṛḍhâ[2]), die Eidechsen-Schaar[3]) und die das grosse Tausend umfassende wohnen auf der Terrasse der goldenen Erde, dem kostbaren Sumeru, den vier Dshambudvîpa's und in den fünf Erdarten[4]). Die Erdherrin, die goldene Schildkröte, der Jahres-Gott The-se[5]), Hala mit schwarzem Hund[6]) und die ehrwürdige Kurz-Pfeil[7]) wohnen in den Nebengegenden. Erdherren in Stein wohnende giebt es; im Wasser wohnende Erdherren giebt es. Nâga-Drachen[8]), Nâga-Râkshasa's, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren, welche in den Nebengegenden wohnen, giebt es. Nâga's, *g*Njan's und Erdherren, diese im Kreislauf lebend, sind eine grosse Zahl[9]) und müssen in den lichtlosen Raum.

Darauf fragte der Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte Çañkhapâla und die übrigen Kshatrija's, die Nâga-Vaiçja's, die Nâga-Çûdra's, die Nâga-Brahmanen und die Nâga-Tshândala's, von einer Schaar von eilf Millionen Hunderttausend umgeben *g*Schen-rabs:

62* «O Lehrer, wie ist als wir Nâga-Geschlechter und der Welt Königssohn Thing die Länder ergreifend vertheilt, zur Zeit als der den Uranfang wissende[10]) König gebot, uns den Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-Geschlechtern Verwirrung entstanden? Giebt es nützende Nâga's, schädliche Nâga's, und weder nützende noch schadende Nâga's? Wenn sie im Sommer sich erheben, im Winter starr sind, im Herbst und Frühling sich verbreiten, so hat man um sich dieselben dienstbar zu machen und ihnen zu opfern, nach welchen Zeiten und Zeichen zu verfahren und Opfer darzubringen?

Also gefragt, lächelte *g*Schen-rabs die Nâga-Kshatrija's an und sprach dem Hauptinhalte nach also: Ihr fünf Nâga-Kasten und die übrigen mit einer Schaar von eilf Millionen Hunderttausend umgeben, es ist gut, dass ihr gefragt habet; es verhält sich also; ihr Nâga-, *g*Njan- und Erdherren-Geschlechter höret mit gläubigem Gemüth und gebeugtem Körper zu: In früherer Zeit als der Königssohn Thing die Länder erfasste und zertheilte und der den Uranfang kennende König gebot ist Verwirrung und Groll entstanden; als man wildes

---

1) གཉའ་ཐང་ཐག

2) Das beide Gottheiten bezeichnende tibetische བསྟན་མ་ richtiger བརྟན་མ་ giebt der mongol. Übersetzung das erste Mal durch Vasundari (= वसुंधरा) und das zweite durch sačin eke wieder, letzteres aus dem tibet. སྐ་བའི་ནུ་མ་; in Nepal finden wir Basundharâ Devi; s. History of Nepal ed. Dan. Wright, Cambridge 1877, S. 98.

3) རྐོ་དུ་རྐོང་བའི་རིགས

4) སཱ་ཧོའི

5) ཞེ་སེ

6) ཏྲ་བ་ཁྱི་ཀཀ་ཡི

7) བཏུན་མོ་མོམདེའུ་སྐད

8) ཀླུ་རིགས

9) ཀླུ་དཔུང་ཚོ

10) ཀུན་ཡོ་མཁྱེན

Gestein[1]) brach und mit den Steinen Burgen baute, gerieth der Herr des leeren Gesteins[2]) in Zorn; als man wilde Bäume mit der Axt fällte und aus dem Holz Häuser baute, gerieth der Herr der wilden Bäume in Zorn; als man das wilde Gras mit der Sichel schnitt und Grashütten errichtete, gerieth der Herr des wilden Grases[3]) in Zorn; als man die wilde 63
Erde mit dem Spaten aufgrub und mit der Erde Burgen errichtete, gerieth der den Erdboden und die Erdarten beherrschende Erdherr in Zorn. Als man dem schwarzen Stier[4]) des Erdherrn das Haar scheerend, das Haar zu Häusern verwandte, geriethen die vier Thorwart-Erdherren in Zorn. Als man der Erde Moxa und Schnepper anlegte[5]), entstand Aufregung; als man der Erde Moxa anlegte, d. h. als man das Herz der Erde mit Tschaitja's und Dämonen-Stangen drückte, geriethen die Erdherren, Nâga's und *g*Njan's in Aufregung; als man der Erde Schnepper anlegte, d. h. aus den Teichen der Erde die Erde grabend Wasser schöpfte, geriethen sie in Aufregung. Als man in der Erde zu Teichen führende Gräben zog, geriethen sie in Aufregung. Als man die Erde ausgrub und in der Erde leere Fenster-Löcher machte um zu braten und zu kochen, geriethen sie in Aufregung; als man auf der wilden Nâga-Stadt eine Todtenstätte anlegte, eine sogenannte Erd-Leiche[7]) machte, geriethen sie in Aufregung durch das Hersagen des Todten-Vertrags[8]); als man in beiden Quellen mit unreinem Schöpflöffel Wasser schöpfte, geriethen sie in Aufregung. Als man über den Nâga's eine Todtenstätte anlegte, geriethen sie in Aufregung; als man über den Nâga's ein Gerüst[9]) errichtete, geriethen sie in Aufregung; als man Leichnamen verbrannte, geriethen sie in Aufregung; als man Senf-Pfeile und Blut-Sicheln[10]) warf, geriethen sie in Aufregung; als man auf dem Heerde Wolle versengte[11]), geriethen sie in Aufregung. So 63*
sind die Nâga-, *g*Njan- und Erdherren-Geschlechter in Aufregung gerathen.

«Ihr weissen Nâga-Kshatrija's und eine Schaar von eilf Millionen Hunderttausend umgeben, höret! Es giebt nützliche Nâga's. Der Nâga-Kshatrija Çañkhapâla, die in den vier Gewässern der Welt wohnenden Nâga's, die Nâga-Vaiçja-Vaiçja's, die Himmel-Nâga's, die weisse Nâga-Heilgöttin, die Nâga-Bodhisattva's; auf diese Weise erweisen sie den tugend-

---

1) རྡོ་གཏུབ་པ།

2) སྟོང་རྡོ།

3) གཤེར་སྐྱེ།

4) འཕྲེང་ཆགས།

5) མེ་བཙའ་འདང་གཏུར་གཅུས

6) གསས་གལངས; ob meine Auffassung richtig ist, steht dahin; གསས་ཨོ heisst nach dem tib.-mongol. Wörterbuche མགས་པའི་བག་ཚོགས (Schmidt Verz. Tib. Mongol. Nr. 33) soviel wie tegri čitkur = ཐེངྒེ་ར, das Kowalewsky Dictionnaire S. 1767 mit विज्ञान zusammengestellt

7) ས་འི་རོ

8) རུས་ཚད་ཀྱི་གཏམ།

9) སྐྱེགས་བུ

10) ཡུངས་ཀར་ཀྱི་མར་བ་དང་། ཁག་གི་ཐོར་ཐུབ

11) Der Text ist nun zu ཐབ་གཞོབ་ནས་གསུམ་བྱས corrumpirt.

gläubigen (an Zahl) mit Gedanken nicht zu fassenden lebenden Wesen Nutzen. Auf diese Weise muss man ihnen Opfer darbringend sie verehren.

Es giebt schädliche Nâga's. Die Nâga-Çûdra's, Brahmanen und schwarzen Tshândala's, welche zu packen, nicht aber loszulassen verstehen, die Nâga's Nanda, Takshaka, Ananta und Manasvin, die Erd-Râkshasa's, und Nâga-Râkshasa's, Nâga-Unholde[1]), neun Nâga-Brüder und neun Nâga-Schwestern[2]), lahm, blind, mit bösem Blick u. s. w. acht Classen von Götter-Râkshasa's, welche zusammen den lasterglaubigen (an Zahl) mit Gedanken nicht zu fassenden lebenden Wesen Schaden zufügen. Wie schaden dieselben? Die Çûdra's der Nâga-Kshatrija's schaden dem rechten und dem linken Ohr; mit Eiter, Blut, Geschwüren sie anfüllend, erzeugen sie so lange Taubheit. Die Çûdra's der Nâga-Vaiçja's schaden den
64 innern Theilen des Halses[3]), senden Krankheiten des Stummseins. Die Çûdra's der Nâga-Brahmanen schaden den Gelenken der rechten und linken Hand, die Haut mit Geschwüren, Eiter und Blut erfüllend, senden sie Lahmheit, Erstarrung, Hitze, mit Hitze verbunden Abmagerung, beim Essen beengende und dahinraffende Halskrankheiten. Die Çûdra's der Nâga-Çûdra's schaden den Gelenken des rechten und linken Fusses, senden Podagra, Gliederreissen, Blindheit, Aahmheit, Darrsucht-Krankheit. Die Çûdra's der Nâga-Tshândala's schaden der rechten und der linken Niere, senden Nierensteine[4]), Wassersucht, weissliche Blasen-Geschwülste, Eiter, Kropf und Geschwür-Krankheiten. Auf diese Weise sind alle Çûdra-Geschlechter beengende Geschlecher, drohen den lebenden Wesen grosse Gefahren. Der Erdherren Krankheiten machen die Glieder dünn und dürr; die Nâga-Krankheiten bringen den Gliedern Unwohlsein und Geschwülste. Die *g*Njan-Krankheiten füllen die Adern und Sehnen an und erregen Gliederreissen. Die *g*Tod[5]) und *g*Zed[6]) machen stumm.

64* Auf diese Weise glauben die nützlichen *g*Njan an unermessliche Tugend und sind mit Opfern zu verehren; die schädlichen *g*Njan glauben an unermessliche Laster; diese muss man sich dienstbar machen. Die nützlichen Erdherren glauben an unermessliche Tugend und sind mit Opfern zu verehren; die schädlichen Erdherren glauben an unermessliche Laster; diese muss man sich dienstbar machen. So sind die weder Nutzen noch Schaden bringenden Nâga-Geschlechter, *g*Njan-Geschlechter, Erdherren-Geschlechter, die weder der Tugend noch dem Laster ergeben sind (an Zahl) mit Gedanken nicht zu fassen.

Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla und die übrigen Nâga-Classen mit Umgebung von eilf Millionen mal hunderttausend, höret angestrengt zu. Am 15. Tage des ersten Sommermonats im Gestirn Punarvasu, wenn die Tageshälfte vorüber ist, ist die Zeit, wo sich die Nâga's erheben. Zu der Zeit wandern sie die Nebengegenden einneh-

---

1) ཀླུ་བདུད།
2) ཀླུ་མོད་དུག་སྐྱེད་དུག་དང་
3) མགུལ་བའི་ཀསང
4) མཁལ་སྙར་ཡ
5) གོད།
6) གཅེད།

mend, dann muss man das Maṇḍala der fünf Nâgakasten eröffnen und den Gegner sich vorstellen und ihn opfernd verehren; die Vollführung reiner Werke übernehmen und sich dessen befleissigen. Im ersen Wintermonate am 15. Tage unter dem Gestirn Kṛtikâ, wenn die Tageshälfte vorüber ist, ist die Zeit da die Nâga's sich niederlegen. Zu dieser Zeit legen sie sich nieder, die Nebengegenden einnehmend. Zu dieser Zeit muss man grosse Werke[1]) ausführen, Erd-Schätze suchen, überaus reichliche Opfer darbringen, den Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten ins Werk setzen. Im ersten Herbst- und im ersten Frühlingsmonat beim Vollmond unter dem Gestirn Pûrvâ- und Uttaraphalgunî ist die Zeit, wo die Nâga's sich ausbreiten. Zu der Zeit breiten sie sich aus, die Nebengegenden einnehmend. Zu der Zeit 65
muss man das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten eröffnen, dem Gegner sich vorstellen und herbeikommen. Dann ist das dem Amṛta-Strom gleiche weisse Nâga-Hunderttausend vorzutragen. Dann muss man in dem Schutzgott der Selbstheit[2]) denselben Gegner sich vorstellen, den Garuḍa-Geheimspruch hersagend mit den Opfergegenständen schützen, in das achtspeichige Schutz-Rad in die Mitte der Selbstheit Herz[3]) schreiben, auf die Speichen und Speichen-Zeichen der Selbstheit Schaar und Gegenstände, auf den Umkreis grause Geheimsprüche schreiben, Angesammeltes[4]) und Opfer reichlich geben, in Latwerge[5]) wickelnd sie an vier Fäden befestigen, das Bad verrichten, andächtig die Weihe veranstaltend, die eigene und fremde Schaar schützen. Der die Weihe Vollziehende muss in Betreff der Werke des Körpers die Umkreisung vornehmen, die Verneigungen machen, in Betreff der Werke der Sprache den Kernspruch aussprechen und in Betreff der Werke des Geistes Barmherzigkeit erzeigend, Streuopfer spenden. Ist so dem Tugendverdienst des Körpers, der Rede und des Geistes genügt, werden des Körpers, der Rede und des Geistes Krankheiten gereinigt, die Krankheiten des Verblendungs-Nâga[6]) beschwichtigt, die Begierden-Mutter[7]) und Nâga-Unhold-Kobolde[8]) beschwichtigt, des Zornes Dämon[9]) und König und des Gegners Kobold[10]) beschwichtigt, des Hochmuths Ungötter[11]), die acht Classen der Götter-Râkshase-Kobolde beschwichtigt, des Neides Menschen und Nicht-Menschen-Kobolde beschwichtigt werden. So werden die 80,000 Götter- Kobolde, Nâga-Kobolde und Widersacher, die 404 Krank- 65*
heiten, die 364 plötzlichen Geistesbewältigungen[12]), die bösen Träume, die bösen Weltge-

---

1) རྒག་ཐོའི་སྡ
2) བདག་ཉིད
3) སྙིང
4) ཚོགས
5) ཞྭ་ཀུར་རྡབ
6) གཉེ་སྒྲིག་ལྷ
7) འདོད་ཆགས་མ་མོ
8) ཀླུ་བདུད་ཀྱི་གདོན
9) ཁེ་ལྷད་ཀ་ཅོན (corr. བཅོན)
10) གཉེན་ཀྱི་གདོན
11) ད་རྒྱལ་ལྷ་མ་ཡིན
12) ཉི་བྱར་ཡེ་བཟོག

genden, die bösen Vorzeichen, die bösen Loose[1]),der Priester Fluch[2]), des Jahres-Gebrechen[3]) und Mondes Unheil[4]), des Himmels Fluch[5]), der Erde Epidemien, des Königs Strafe, der Menschen Krankheiten und die Viehkrankheiten, alle wieerwärtigen Parteien rückgängig gemacht werden.

*g*Schen-rabs-mi-bo sprach: «Nâga-König Çañkhapâla von einer Schaar von eilf Millionen-Hunderttausend umgeben, die Tugend und das Laster sind beide in der Selbstheit vereinigt[6]); der mitgeborene Gott und Unhold sind durchaus in der Selbstheit vereinigt, der Kreislauf und die Befreiung sind durchaus in der Selbstheit vereinigt, das zu Meidende und das zu Erlangende sind durchaus in der Selbstheit vereinigt, das Nützliche und das Schädliche sind durchaus in der Selbstheit vereinigt; die Grundlage und Wurzel aller Gesetze (bon) sind durchaus in der Selbstheit vereinigt.

Darauf fragte der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla von einer Schaar von eilf Millionen-Hunderttausend umgeben: «O Lehrer, wie kommt man über die Gränzen der Grundlage und Wurzel aller Gesetze, der Gesetze des Kreislaufs und der Gesetze der Befreiung, das zu Meidende und das zu Erlangende hinaus?»

66 Also gefragt, sagte *g*Schen-rabs: «Es ist gut, dass ihr gefragt habet; ihr Nâga-, *g*Njan- und Erdherren-Gebiete, höret mit gläubigem Gemüth unbeirrt zu! Die Grundlage und die Wurzel aller Gesetze ist durchaus in der Selbstheit vereinigt, die Gesetze der Kreislaufs-Bedränguiss und die Gesetze der Befreiungs-Entscheidung aus dem Innern sind durchaus in der Selbstheit vereinigt, die Gestalt, das Wahrnehmen, das Vorstellen, das Begreifen, das Wissen, die fünf Anhäufungen als Kreislaufs-Gesetze erkannt habend, ist man über die Gränzen des zu Meidenden hinausgelangt.....

67 Hat man die sieben Arten von Ursache und Folge des Kreislaufs als Kreislaufs-Gesetze erkannt, so ist man über die Gränzen des zu Meidenden hinausgelangt.

68 Hat man die vier umfassenden Unermesslichkeiten als Kreislaufs-Gesetze erkannt, so ist man über die Gränzen des zu Erlangenden hinausgekommen. O Nâga-, *g*Njan- und Erdherren-Geschlechter, die Gesetze der Kreislaufs-Bedrängniss und die geläuterten Gesetze der Befreiungs-Erlangung sind durchaus in der Selbstheit vereinigt.

Aus der Bonpo-Kostbarkeit, dem Heils-Mahâjâna Sûtra, dem zauberhaft wahrhaften heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's ist der Hauptinhalt in Worten dargethan. Von dem Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla und der übrigen Schaar von eilf Millionen-Hunderttausend gebeten wird die Lehre dem aus einem Nâga-Bonpo gewordenen Je *g*Schen-snjing-po übertragen.

---

1) མཚ་ངན་པ་ das mong. «böses Weib!»
2) གནོད་སྦྱིན་ཟུང་ཁ
3) ལོ་རྒྱུད
4) ཟླ་སྐེག
5) གནམ་སྦྱིན་ཟུང་ཁ
6) བདག་ཉིད

Als des *g*Schen-rab*s* Barmherzigkeit also das Nâga-Hunderttausend vorgetragen hatte, wurden die Nâga-Tshâṇḍala mit dem vielarmigen Graha an der Spitze und die übrigen *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Geschlechter Bodhisattva's, nachdem die der Nebel-Finsterniss 69
gleiche Unwissenheits-Finsterniss verscheucht und die sonnengleiche Weisheitskunde emporgestiegen war, erlangten sie die Befreiung durch den Segen des weissen Nâga-Hunderttausend, erlangten die fünf grossen Nâga's und die übrigen, die *g*Njan-, Erdherren- und Nâga-Geschlechter insgesammt sofort vollkommenes Tugendverdienst und die allerhöchste Frucht. Nicht mehr böse Haarpfeile entsendend u. s. w. wie oben Blatt 59 des tib. Textes.

Darauf fragte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo, von einer Schaar von eilf Millionen Hunderttausend von Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed umgeben, nachdem er Schmuck und Tracht schön gemacht, wohlgefällige Opfer (an Zahl) vom Geiste nicht zu fassen dargebracht, mit durchaus reinem Sinne tausend Umkreisungen und Verneigungen verrichtet und verschiedene Arten von schönen Blumen auf den Körper des Lehrers gestreut, die Knie auf die Erde gesetzt und die Handflächen zusammengelegt hatte, bittend also: Vorzüglicher Weisheitinnehabender Herr, der lebenden Wesen Vater, zum Nutzen der Wesen zur Vollkommenheit geleitender Lehrer, wie in früherer Zeit der Königssohn Thing die Länder ergreifend vertheilte als der den Uranfang kennende König[1]) dem Lande gebot die Nâga, *g*Njan und Erdherren in Aufregung und Zorn geriethen, die Wohnstätten und Geschlechter, nützliche und schädliche, nutz- und schadlose Nâga- 70
Geschlechter und Classen, aller Gesetze Grundlage und Wurzel, Ursache und Folge, das Hinausgelangen über die Gränzen des zu Meidenden und zu Erlangenden gelehrt habender Wohlthäter, aus welcher Ursache und Folge sind die lebenden Wesen Menschen geworden, sind Göttinnen und Nâgi's, Arznei-Göttinnen[2]) und Nâga-Arznei-Göttinnen, Öde-Göttinnen[3]) und Nâga-Öde-Göttinnen, Unholdinnen[4]) und Nâga-Unholdinnen, Erd-Râkshasa's und Nâga-Râkshasa's, Nâga-Dämonen[5]), die acht Classen der Götter Asura und Râkshasa's[6]) zusammen dem Eigenthum und dem Wohlbefinden schädlich, dem Leben schädlich, bringen dem Körper Hitze, Erstarrung, Fleisch-Krankheit, Blut-Krankheiten und Knochen-Krankheit?

*g*Schen-rabs-mi-po sprach: «Dass du, Nâga-Bonpo Je *g*Schen-snjingpo gefragt hast, ist gut, ist gut. Dieses Gebrechen verhält sich also. Beim Voll- und Neumond und den übrigen der sechs Zeiten, wenn grause Werke ausgeführt werden, zu der Zeit, da der Götter-Râkshasa Ging kang[7]) läuft, wenn man der Stunden Bedeutung[8]) nicht beachtet,

1) ཡེ་མཁྱེན།

2) སྨན་མོ།

3) འཇིག་རྟེན་མོ།

4) བདུད་རྩི་མོ།

5) ཀླུ་བཙན།

6) ལྷ་མ་ཡིན་ལྷ་ཚུན། vergl. Jaeschke S. 624 Z. 30.

7) གིང་ཀང་, offenbar identisch mit dem bei Jaeschke S. 2 genannten གིང་ཀང་, das mit Râhu (nicht Râhula) dieselbe Function hat.

8) ཐུན་ལས eigentlich Partei = ཕྱོགས།

der grausen Zaubersprüche treffliches Geräth dem Himmel übergebend fortwirft, dann gerathen die acht Himmelsgöttinnen in Zorn. Durch solches Vergehen kommen herab schreckliche Planeten-Krankheiten, entstehen Wetterstrahl, Hagel, unangenehme Töne.
70* Wenn ohne Werke der Weihe [1]) zu vollziehen man wilde Erde und wilde Quellen schrecklich presst und drückt, gerathen die in der wilden Erde und zwischen den Schieferplatten [2]) wohnenden acht Nâgi's in Zorn. Durch dieses Vergehen entstehen Fleisch-Geschwülste, Aussatz, Pusteln, Krätze. Wenn man der wilden Erde Quellen nicht kennend, im Umkreis der wilden Behausung der Arznei-Göttinnen eine Todtenstelle anlegt, dann gerathen die acht Arznei-Göttinnen in Zorn. Durch dieses Vergehen schaden den Menschen die Grunddämone [3]). Wenn man ohne die Bedenken des Unreinen überwunden zu haben in den Zwischenräumen von Bergen und Flächen der Arznei-Göttinnen unreine Handlungen des Versengens [4]) vollführt, dann gerathen die acht Nâga-Arznei-Göttinnen in Zorn. Durch dieses Vergehen kommt man um Habe und Wohlbefinden. Wenn man nicht mit wissendem Geiste ausgestattet an den Abhängen hinter reiner Erde unreine Handlungen vollführt, gerathen die acht Öde-Göttinnen in Zorn. Durch dieses Vergehen entstehen Podagra, Gliederreissen und Geschwülste. Wenn man auf reine Quellen, und feuchte Unreinigkeit [5]) habend, Stachelginster, Spierstrauch und ungemischtes Gehölz, auf Steinplatten und Stellen, wo Stolze wohnen, Brühe von gekochtem Fleisch wirft, dann gerathen die acht Nâga-Öde-Göttinnen in Zorn. Durch dieses Vergehen entsteht Stummheit. Wenn man an Teichen, quellreichen Stellen, tiefen Schlaf [6]) und Unzucht ausführt, gerathen die Unholdin-
71 nen [7]) in Zorn. Durch dieses Vergehen senden sie Raserei-Krankheit. Wenn man an Felsen und fliessendem Wasser aus des Wassergrases [8]) Tiefe des Lebens beraubt, gerathen die acht Nâga-Unholdinnen in Zorn. Wegen dieses Vergehens senden sie Bethörungs-Krankheiten. Wenn, indem man ein schwarzes Gewässer einer schwarzen Schlange gleich es umfassend von der Quelle abschneidet, die lebenden Wesen austrocknen, gerathen die Erd-Râkshasa's in Zorn. Durch dieses Vergehen ist geringes Dasein [9]) und versiegt der Wohlstand. Legt man auf der Erde wilder Behausung eine Todtenstätte an, indem man die mächtigen Göt-

1) བསྒྲུབ་བསྒྲུབ་ལས

2) ཀཡའ་སྐུད

3) རྐང་འཛེ

4) ཐབ་གཏོར

5) རྒྱ་མཚོ་གང་བཏོག་རྒྱུ་བཏག་ཅན། ཐུ་མ་སྐྱེ་མ་མེད་ཅིང་

6) ཉིང་རྒྱ་གས་གཏེར

7) བདུད་མོ

8) ཀ་ལྷེ་བས, welches fälschlich in den Wörterbüchern als Fischkiemen aufgefasst wird; nach Williams Syllabic dictionary of the chinese language Shanghai 1874 S. 953 entspricht das chinesiche shui tsao dem Myriophyllum spicatum; da die tibetische Übersetzung des Amara kosha **शैवलिनी** durch ཀ་ལྷེ་བས་ཅན་ wiedergiebt, wäre ཀ་ལྷེ་བས = **शैवल** Blyxa octandra, was auch in Mahâvjutpatti als Name eines Nâgarâdsha vorkommt.

9) རྐྱང་སྲིད, welches die mongol. Übers. als ucugen kubegun auffasst.

ter und Nâga's betrügend gräbt, so gerathen die Nâga-Râkshasa's in Zorn. Wegen dieses Vergehens schaden sie der Habe, dem Wohlstand und dem Leben. Wenn man die zu Gold- und Türkis-Fischen, zu Gold- und Türkis-Schlangen, zu Gold- und Türkis-Fröschen gewordenen, aus Edelsteinen geschaffenen lebenden Wesen, die im Wasser und an feuchten Stellen leben, den Schätzen der Nâga's schadend, fängt, sie kocht, tödtet oder bedroht, so gerathen die Nâga-Dämone [1]) in Zorn. Wegen dieses Vergehens wird man von Nâga-Krankheiten ergriffen, im Traum durch Nâga-Kopfgestalten gequält, durch Nâga-Krankheiten getödtet und geräth beim Anblick der Nâga-Wesen in Schrecken, in Angst, in Zittern und Erstarrung. Ebenso giebt es unter den in der Luft wohnenden lebenden Wesen 71*
von den Nâga's, *g*Njan's und Erdherren beherrschte Wesen, unter den auf dem Erdboden befindlichen lebenden Wesen von Nâga's, *g*Njan's und Erdherren beherrschte Wesen; wenn man also solche beherrschte Wesen fängt oder tödtet, begeht man eine Sünde. In schwarzem Fels mit Krähengesicht ähnlicher Spitze wohnt ein Nâga; in einem Grabhügel, der dem Rüssel eines schwarzen Ebers ähnlich sieht, wohnt ein Nâga; auf einem Hügel [2]), welcher einem liegenden Ochsen ähnlich ist, wohnt ein Nâga; auf einem Vorsprung, welcher einem Kameel-Hals ähnlich ist, wohnt ein Nâga. In einem Berge, der dem Horn eines stossenden Ochsen ähnlich sieht, wohnt ein Nâga. In einem Felsen, der einem springenden Tiger oder Löwen ähnlich ist, wohnt ein *g*Njan; in einer Tschaitja-ähnlichen Bergspitze wohnt ein Erdherr. In einem Erd-Gebilde, welches dem auf dem grossen *g*Njan-Felsen [3]) wohnenden ähnlich sieht, wohnt ein Erd-Kobold [4]). Auf der schwarzen Wasserschlangen [5])-höhe, welche einem Haken ähnlich sieht, wohnt ein Nâga; in dem schwarzen Felsen, welcher einer Schildkröte ähnlich ist, wohnt ein Nâga; in einem Walde, welcher einer wüthenden Hyäne ähnlich ist, wohnt ein Nâga; in Bäumen wohnen *g*Njan's. In Berg- und Waldstrecken, welche einem wüthenden schwarzen Bären ähnlich sind, wohnen Nâga's, *g*Njan's und Erdherren. In den von Kreuzwegen durchschnittenen Flüssen, in Seen und im Meere wohnen Nâga-Unholdinnen [6]); in Bergen, welche einer liegenden rothen Kuh oder einem liegenden rothen Ochsen ähnlich sind, wohnen Nâga's. In Felsen, Wachholder, Sylärpflanzen, Birken [7]) und Fichten, in Bäumen mit einem Stamm, in Doppel-Bergen, in Doppel- 72
Felsen, in Doppel-Gletschern, in kleinen hellen Quellen, in lebenden Wesen, welche in blaurothen Wasserpflanzen schwimmen, in Gazellen und Vögeln, welche kein Wasser trinkend durch den Anblick erschreckt werden, wohnen staubartig-kleine [8]) Nâga-Arten, in

---

1) བྱུང་བཙན།

2) ལྷེབ་པ

3) ཆེ་གཏུད་བག

4) སཱ་གདོན།

5) ཆུ་སྐྱེལ་ནག

6) བྱུང་བཟུང་མོ

7) ཤིན།, wohl eine Verderbniss aus སེན། = སེ་ཤིང eine Art Heckenstrauch.

8) ཀྱེ་མ་ཐར་མ་ཏག་ཀྱེད། bleibt im Mongolischen fort,

kratzenden Klauen[1]) ähnlichen, in geweinten Thränen[2]) ähnlichen, in Ameisen-Löchern wohnenden Götter-Râkshasa's, in Herz- und Nieren-ähnlichen Quellen wohnen Nâga's, in Quellen, die Töne von sich geben, wohnen Nâga's, in Quellen ohne Auslauf[3]) wohnen Nâga's, in Quellen mit drei Anfängen wohnen Nâga's, in Berg-Felsen mit drei Anfängen und drei Wegen wohnen Nâga's; in wilder Erde, wilden Steinen, wilden Bäumen, wildem Grase, in wildem, von keinem Schöpflöffel geschöpften Wasser wohnen Nâga's; in alten Teichen wohnen Nâga's, in alten nicht geöffneten Todtenstätten wohnen Nâga's; in den Götter-Asura- und Râkshasa-Zeit-Tempeln, Tschaitja's, in den Vertrags[4])- und Zählungs-Denkmälern[5]) wohnen Nâga's. Wenn man an den Stellen, wo diese wohnen, die wilde Erde gräbt, die wilden Steine bricht, die wilden Bäume fällt, das wilde Wasser schöpft, das wilde Gras schneidet, die wilden Bäume fällend herauszieht, der Erde Schnepper, der Erde Moxa, der Erde
72* Spalten[6]), der Erde Fenster, der Erde einen heissen Pfriem, einen kalten Pfriem[7]) beigebracht, des Meeres Decke geschunden, des Berges Bauch durchbohrt, die Nebengegenden zerstörend Burgen eingenommen und grause Werke verrichtet hat, so machen sie den Körper schwach[8]) und starr, entwenden das Vermögen, das Glück und das Leben. Wenn indem sie nicht also thun, Sünde stattfindet, müssen sie, da sie in einem frühen Leben grause That vollzogen habend, es nicht konnten, in jetziger Zeit hier schaden. Es sind Tugendwerke zu übernehmen und zu üben. Wenn man jetzt grause Werke vollzogen hat, wird der Segen zur Tugend. Von früher geübte Tugend und jetzige Tugend vereint werden durch des Grausen Macht rückgängig gemacht. Aus dieser Zeit ausscheidend, wird man in der nachfolgenden Qualen empfinden. Deshalb sind grause Werke aufzugeben, tugendhafte Werke zu übernehmen und zu üben und Du, Nâga-Bonpo, Je *g*Schen snjing-po, die Göttinnen, Nâgi's, Arznei-Göttinnen, Nâga-Arznei-Göttinnen, die Öde-Göttinnen, die Nâga-Öde-Göttinnen, die Mütter[9]), Unholdinnen, Nâga-Unholdinnen, Erd-Râkshasi's und Nâga-Râkshasi's, Fels-Râkshasi's, Nâga-Dämone, kleine Nâga's, kleine *g*Njan's mit dem Gedanken nicht zu fassen, die acht Klassen der Götter, Asura und Râkshasa's zusammen genommen, die von oben kommenden Unhold-Verkörperungen, die Elster[10])- und König[11])-Verkörperungen, die Verkörperungen zu grausen Dämonen, die Verkörperungen zu *d*mu-Dämo-

---

scheint auch corrumpirt zu sein, vielleicht ist statt ཟངངས zu lesen ཟེངས, vergl. unten Bl. 73* des Textes.

1) གདོ་བའི་སྐྱེ་མོ།

2) རྨ་བའི་ཆུ་ཚོ་མ

3) ཁྱུག་གས་?

4) ཐུབ་རྟོ, es ist wol ཐུབ་རྟོད zu lesen.

5) s. Denkmäler རྟོགརྟོ

6) སྡ་གཉིངས

7) ཐུངས bezieht sich auf chirurgische Instrumente.

8) ངཔ་བ་ཐ?

9) མ་མོ, eine Art böser Dämonen», Jaeschke, Wörterbuch S. 414.

10) ཐུ་; mongol. buk, das vielleicht statt ཐུ་ག steht.

11) རྒྱལ་པོ Jaeschke Wörterb. S. 110 Z. 27 «Localgott».

nen[1]), die Verkörperungen zu Arznei- und Öde-Göttinnen, die Verkörperungen zu Göttin- 73
nen und Arznei-Göttinnen, also Schreck-, Furcht- und Schauder[2])-Gestalten annehmend, schaden sie dem Vermögen und dem Glück,.....[3]), dem Leben und Körper. Mit den im Osten wohnenden acht grossen Nâga's vereinigen sie sich, mit den im Norden wohnenden acht grossen Nâga's, mit den im Nordost wohnenden acht Nâga-Öde-Göttinnen, mit den im Südost wohnenden acht Nâga-Unholdinnen, mit den im Südwest wohnenden acht Göttinnen, mit den im Nordwest wohnenden acht Nâgi's, mit den in der Mitte wohnenden acht grossen Nâga's vereinigen sie sich; mit den Planeten, Gestirnen, mit den acht grossen Göttern, den Widersachern[4]), den Jaksha's, Gandharbas und Jama-Kobolden[5]) vereinigen sie sich und fügen den lebenden Wesen Schaden zu.»

Der Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo fragte *g*Schen-rabs: «Da also den lebenden Wesen Schaden und Leid zugefügt wird, so ist diess das Reifen welcher Handlungen?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: «Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, dieses Gebrechen verhält sich so: der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çaṅkhapâla mit einer Schaar von eilf Millionen-Hunderttausend umgeben ist von einer früheren unermesslichen Geburt an bis auf die jetzige Zeit, nachdem er selbst in den fünf veranlassenden Übeln gewandelt 73*
war, in dem Geschlecht böse handelnder Nâga's geboren worden. In früherer Zeit, als er den reinen Menschenkörper erhalten hatte, allein das Sittengesetz nicht halten konnte, ist er durch dieses Gebrechen als Nâga geboren worden. Es giebt keine Zeit der Erlösung aus der niedern Existenz. Durch die Kraft der Beobachtung des Sittengesetzes wurden einige Nâga-Bodhisattva's, andere Nâga-Vidjâdhara's, einige Kreislaufs-Bodhisattva's, einige kriechende Nâga's, einige wurden an Gestalt Jodshana und Kroça übersteigend geboren; da sie das Sittengesetz der Gestalt nicht halten konnten, waren sie im Körpermaass nicht beständig und kaum gross geworden dem Sumeru gleich, klein geworden dem achten Theile eines Staubkorns gleich; als Lebensmaass drei grosse Kalpa lebend, waren sie an Gestalt und Farbe nicht beständig. Deshalb ist in diesem Leben an Körper, Sprache, Geist das zu ehrende Sittengrsetz zu beachten; wenn man das dem Amṛta-Strom gleiche heilige Nâga-Hunderttausend übernehmend sich desselben befleissigt, erlangt man sicherlich die Frucht der Befreiung.»

Darauf errichtete der Lehrer zum Schutz und Schirm der Nâga-, *g*Njan-, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Geschlechter und der lebenden zahllosen Wesen von endlosen Gestalten den mit dem Maṇḍala der acht grossen Nâga's mit den neun Dvipa's, mit 84 schönen Lotussen, mit Terrassen nebst Thoren mit vier Dvipa's sammt Sumeru versehenen Maṇḍala

---

1) གནོད་བྱེད་ཅན། s. Jaeschke S. 430, Z. 18.

2) སྐྲག་བྱེད།

3) ལྷུང་བཟེད་ ist corrumpirt.

4) བགེགས།

5) གཤིན་རྗེའི་གཉེན།

der mit den Nâga's vereinigten *g*Njan's, und nachdem er Laut, Kunde, Geruch, Geschmack, Gefühl, das Gesetz (bon) und Vermögen reichliche Opfer bereitet, reichte er sie, um den Segen der Barmherzigkeit zu erzeugen, den Sugata's der drei Zeiten dar, um die von den Gabenspendern zugezogene Schuld[1]) zu reinigen und nachdem er neunerlei Akonite, neun Baumfrüchte, 81[2]) *r*gjang-bu, 81 Baumarten, 81 Nâga-Streuopfer, Pfeil, Seide, Spiegel, Himmel und Arzneien, Baumfrucht, Edelstein, Weisses und Süsses und Blumen, um die lebenden Wesen, welche gleichsam Vater- und Mutterlos sind oder Schmerzens- und Jammerlaute ausstossen, von kurzem Leben sind und denen das Leben genommen wird und Kinderlos, ohne Vermögen und Wohlstand von der von ihnen zugezogenen Schuld zu reinigen den acht grossen Nâga's Opfer dargebracht hatte und sie nach Reinigung der Schuld von dem grossen Schmerz befreit hatte, trat Mehrung ihrer Habe und ihres Glücks ein.

Darauf ist in der Nacht aus der goldnen Sumeru Ursache eine aus kostbarem Golde geschaffene viereckige Terrasse[3]) zu zeichnen, in der äussern Reihe eine goldne Terrasse zu zeichnen, in den vier Halbmonden[4]) weiss, roth, grün, blau zu zeichnen, die Nabel[5])
74 der fünf Kasten weiss, blau, roth, gelb und schwarz zu zeichnen, die vier Weltgegenden weiss, blau, roth und grün zu zeichnen, die Lotusse der Nebengegenden gelb, grün, weiss und blau zu zeichnen, die Stumpfecken[6]) weiss-grün den Weltgegenden enssprechend, die vier Thore der Terrasse sind dem Haupt-Maṇḍala entsprechend zu zeichnen, die Wunschgegenstände[7]) blau und roth zu zeichnen, die vier Dvîpa's und kleinen Dvîpa's mit einer Mauer zu umgeben, *r*gjang-bu aus verschiedenen Edelsteinen, der Himmel den Farben der Erdarten entsprechend, die Baum-Reihen den Nâga- und *g*Njan-Gesichtern entsprechend, auf der Edelstein-Erde sind neun Flüsse, neun Wasser zu machen, Nâga-Gestalt und Frucht-Arznei, Weisses, Süsses, verschiedene Edelstein-Frucht, Meeres-Schaum[8]), fünf Herzen[9]) schüttend in den Schatz zu legen, in des Edelsteins-Spalte[10]) heiligen Mund das Streuopfer von drei weissen und drei süssen Gegenden zu bereiten, mit verschiedenen Nâga-Gestalten zu verzieren, 1008 Kernsprüche herzusagen, den die Schuld lösenden Kernspruch auf den Sitz zu legen, dann die Einladung vorzunehmen, Opfer reichlich zu spenden, das Bad zu verrichten, Andacht zu erzeugen, die Weihe zu vollziehen, die Anwei-

---

1) འཚང་རྒྱས་བྱ་ཉེད

2) རྒྱང་བུ, welches Wort die mongol. Übersetzung nur transcribirt; sollte es nicht ཀྱང་བུ sein; vergl. Schlagintweit S. 323, wo irrthümlich རྒྱང་བུ steht. Die Abbildung zeigt eine siebenblättrige Pflanze.

3) བང་རིམ་ पद्मिषाद्

4) ཟླ་གམ

5) ལྟེ་བ

6) བུ་ཚོན

7) འདོད་ཡོན

8) རྒྱ་མཚོའི་

9) ཁ་འགག, eigentlich Mund-Fett? Ich halte das Wort für identisch mit རྒྱ་མཚོའི་སྙུ་བ, das *os sepiae* bedeutet, im Sanskrit abdhikapha von samudraphena; s. oben S. 18 Anmerk. 2.

10) བཟོད

sung vorzutragen, worauf sicherlich nach Vermeidung der Krankheiten und Schmerzen Befreiung erlangt wird.

Nâga-Bon-po Je *g*Schen snjing-po, auf des Sumeru Mitte-Nabel ist der Lehrer *g*Schen-rabs-mibo, mit dem Körper von blauer Türkisfarbe, in der rechten Hand der Barmherzigkeit eisernen Haken haltend, in der linken mit der Gleichheits-Mudrâ, auf dem Kopf die Edelstein-Mitra, nachdem er mit dem die Nâga-Bereiche angelächelt, zum Wohl der lebenden Wesen kommend zu denken, ihm sind Verneigungen, Lobpreisung und Opfer darzubringen.

«Mit dem von dem Körper ausgehenden Lichte die Krankheiten und Schmerzen der lebenden Wesen verbrennend, mit dem in dem Körper gesammelten Licht die fünf Übel versengend, erhelle den weisen Begriff, auf dem Sumeru-Teppich dich niederlassend, verbreite das Licht der fünf Weisheiten [1]), ihm ist Verneigung und Opfer darzubringen, in der 18 Umkreise Rund-Tropfen-Umgebung das erhellende Licht der Leere ausstrahlend, auf des Wunsch-Baumes Gipfel der grosse Garuḍa schwebend, um den Gürtel des Zorns grosse Schlange gewunden, auf Blätter und Zweige der Amṛta herabragend, herrliches Blumen-Licht verbreitend, die Früchte Amṛta als Heilmittel gross, der grosse Garuḍa schwebend, mit des grossen Zornes Schlange umwunden, der sieben Gold-Berge leuchtende Farbe, der sieben Spiel-Seen tiefer Boden, der sieben Nâga-Könige schöner Aufenthalt, der sieben Nâga-Könige Aufenthalts Freude.

Auf dem östlichen weissen Halbmonde der Trugkörper Je *g*Schen snjingpo's, schönes Licht ausstrahlend, auf dem Kopf ein Edelstein-Schopf gewunden, in der Hand die schöne Pfauenstandarte haltend, ihm bringe ich Vermögen und Opfer dar. Auf dem südlichen 75*
blauen Halbmond, der Nâga-Bonpo, des Sommer-*g*Njan Sohn [2]), in der Hand die Nâga-Pauke schlagend, vom Körper Türkisfarbenen Glanz ausstrahlend, auf dem Kopf ein Türkis-Schopf gewunden, aus dem Munde Nâga-Generationen hersagend [3]), ein Feuer der lebenden Wesen; ihm bringe ich Vermögen und Opfer dar. Auf dem westlichen rothen Halbmond der *g*Njan-Bonpo Thang Thang der Gesangkundige [4]), an Körperfarbe weisses Krystall-Licht strahlend, auf dem Kopfe ein Diadem aus fleckenlosem Krystall ausgebreitet, in der Hand die Gans-Standarte des *g*Njan haltend, des *g*Njan Begebenheiten [5]) hersagend, die stechenden *g*Njan-Krankheiten durchschneidend; ihm wird Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf dem nördlichen grünen Halbmond der Erdherren Bonpo Khri-stag [6]), an Körperfarbe goldnen Glanz habend, auf dem Kopf ein goldner Schopf gewunden, in der Hand

---

1) ཡེ་ཤེས་ལྔ

2) རྒྱལ་གཏུན་ཐོ་བྱ

3) ཀླུ་ལ་ཀུན་བྱེད་ཅིང་རབས་བདེན་ im Mongol. verschiedene Nâga-Arten denkend.

4) གདང་ཐང་ཅེར་སངས་

5) བོ་རྒྱས

6) ཁྲི་སྟོག

Amṛta-Wasser, damit die Stummheit heilend; ihm werde Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla, an Körperfarbe weiss polirten Schnecken gleich, den Kopfschmuck mit tausend Schneckenweissen Schlangen geziert, in der Hand eine schöne Blume haltend, mit dem Gesicht zum Vorzüglichen [1]) gewandt sitzend; ihm werden Vermögen und Opfer dargebracht.

76 Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich der Nâga Heil-Königin, Schönes Licht Strahlende [2]) mit Namen, in der Hand einen schönen Regenbogen haltend; ihr werden Verehrung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich der *g*Njan-König, der flammende Çâñkaçirsha mit dem Türkis-Schopf, in der Hand die Gans Standarte haltend sitzend; ihm werden Verehrung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich die Erdgebieter und die goldfarbige Sthâvarâ mit goldnem Kruge, welche über die Erdherren die Herrschaft ausübt; ihr werden Verehrung und Opfer dargebracht. Auf dem nordöstlichen gelben Lotus-Teppich der König der *g*Zed Lants'a ding khug [3]), in der Hand die eiserne Pauke schlagend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem 'südwestlichen grünen Lotus-Teppich die Himmels-Göttin «Die Erhellende» [4]) strahlend, in der Hand das Himmels-Banner haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf der gelben Steinpforte die Göttin der Erdherren Dṛḍhâ [5]), umgeben von Erdherren, Eidechsen [6]) und die Drei-Tausend-Welt umfassenden Erdherren und der Erdherr

76* Be-sna *r*god *g*žug [7]) sitzend; ihm werde Verehrung und Opfer dargebracht. Auf den vier Ecken des Edelstein-Rechteckes [8]) der Äusseres und Inneres besorgende *g*Njan-Minister, der Äusseres und Inneres besorgende Nâga-Minister, der Äusseres und Inneres besorgende Erdherren-Minister, der Äusseres und Inneres besorgende Zeitgöttinnen-Minister, also die vier Minister der Erdherren, Nâga [Zeit-Göttin] und *g*Njan's; ihnen werde Verehrung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa's östlichen Nebels gelbem Teppich der Nâga-Vaiçja der gelbstrahlende Karkoṭana, den Kopfschmuck mit tausend goldenen Schlangen geziert; als Handzeichen einen goldenen Kehrbesen [9]) haltend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit schneckenweissem

---

1) གདོ་བ

2) མཛེས་མའི་འོད་འཕྲོ་མ, welcher Name corrumpirt scheint; die mongol. Übers. hat uzeskuleng tu solongga gerel ǵarǵakči schönes Regenbogen-Licht von sich gebend.

3) འཕགས་ཚངས་ཀྱི་ཞགས

4) གསལ་བྱེད་མ

5) བརྟན་མ, (sic) im Mongol. aber sac in eke; vergl. oben S. Anmerk.

6) རྩངས་རྩངས

7) བེ་སྣ་རྒོད་གཞུག

8) སྣོན་བུ

9) སྤྱོགས་ཤིང, zu verbessern in བྱུགས་ཤིང

Körper und einem schneckenfarbenen Haarbüschel[1]); ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich ein Nâga-König von blauer Körperfarbe mit zwei Türkis-Büscheln: ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich ein Nâga-König von rother Körperfarbe mit drei Kupfer-Büscheln; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich ein Nâga-König von grüner Körperfarbe mit vier Büscheln aus roth-grünen Edelsteinen; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König von rother Körperfarbe mit Korallen-Herz und fünf 77
Korallen-Büscheln; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König von weisser Eisenfarbe mit sechs Eisen-Büscheln; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen blauen Lotus-Teppich ein Nâga-König von blauer Körperfarbe mit sieben Perlen-Büscheln; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König an Körperfarbe leuchtend in fünferlei Edelsteinen bunt, mit acht Haarbüscheln aus glänzenden Edelsteinen; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa Südseite auf des Mitte-Nabels flammendem Teppich der Nâga-Çûdra der blauflammende Vâsuki[2]), der Kopfschmuck mit tausend blauen Türkis-Schlangen geziert, als Handzeichen einen Türkis-Kehrbesen haltend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und schneckenweissem Schlangenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper 77*
und mit dem Kopf einer rothen Kupferschlange; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und dem Kopf einer scheckigen Achat[3])-Schlange; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und mit dem dunklen Kopf einer Karneol[4])-Schlange; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen blauen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und dem blauen Kopfe einer blauen Schlange; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und acht Schlangenköpfen; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa Westseite auf des rothen Nabels Teppich der grosse Nâga der Brahmane Hala mit langer rother Flechte, den Kopfschmuck mit tausend rothen Kupferschlangen verziert, als Handzeichen einen kupfernen Kehrbesen haltend; ihm werden Verehrung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich ein Nâga-König 78

1) ཐུར་སྤྱད་
2) ཤེལ་ཕྲེང་
3) གཟི
4) མཚོན་

von weisser Körperfarbe mit Menschenkörper und Pferdekopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich ein Nâga-König von blauer Körperfarbe mit Menschenkörper und Pferdekopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich ein Nâga-König von grüner Körperfarbe mit Menschenkörper und Löwenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordöstlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Schlangenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich ein Schlangen-König mit Menschenkörper und Leoparden[1])-Kopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Löwenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Hyänenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa Nord-Seite auf dem schwarzen Nabel-Teppich der schwarze Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha mit Bronze-stacheligen Spinnen-Gliedern, den Kopf-
75* schmuck mit tausend schwarzen Schlangen geziert, als Handzeichen einen Bronze-Kehrbesen haltend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Drachenkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Tigerkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Mäusekopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Alligatorkopf; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich ein Nâga-König mit Menschenkörper und Bastard-Ochsen[2])-Kopf; ihm werden Verneigung und Opfer dar-
79 gebracht.

Auf des grossen Dvîpa Nord-West-Mitte weissen Nabel-Teppich der Nâga-König Ratnatshûḍa, auf dem Kopf einen Edelstein-Schopf gewunden; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich die Nâga-Mamadema[3]) einen Körper mit schönem Schmuck habend, in der Hand ein Türkis-Hakenkreuz[4]) haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich die Nâga-Odshovali[5]) mit weissseidenem Gewande bekleidet, in der Hand einen kostbaren Goldfisch haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen

1) གཟིག་
2) ལ་བྱང་རྡོ་ལྟ
3) མ་མ་དེ་མ
4) གཡུང་ཟུང
5) མདང་མ་ལྷུང་མ; vergl. Böhlingk-Roth u. d. W. ঘোড়াবলী.

rothen Lotus-Teppich die Nâga-Manoramâ [1]) mit rothseidener Jacke bekleidet, in der Hand einen kostbaren Türkis-Fisch haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich die Nâgi Nandaprabhâ [2]), in der Hand ein rothgrünes Seidenbanner haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordöstlichen schönen Lotus-Teppich die Nâgi Varshiṇi [3]), mit einem Gewande aus Amṛta-Regen angethan, in der Hand ein Banner mit schwarzer Wolke haltend; ihr werden Verneigung 79* und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich die Nâgi Allheïl [4]), in der Hand einen Ichneumon-Balg haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen schönen Lotus-Teppich die Nâgi Kalasvarâ [5]), in der Hand eine Standarte mit einer Laute; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich die Nâgi Manodshńakaljâṇi [6]) mit blaurothem Körper und Schmuck, in der Hand ein Pfauen-Diadem [7]) haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvipa nordöstlichem weissen Nabel-Teppich der Nâga-König Nanda-Takshaka von weissgrünem Körper und Schmuck, in der Hand eine Türkis-Wendeltreppe [8]) der Körper mit schwarzen Schlangen geschmückt; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich die weisse Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und dem Kopf eines wilden Stiers; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich die blaue Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Hyänenkopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem 80 westlichen rothen Lotus-Teppich die rothe Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Hirschkopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich die Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Antilopen [9])-Kopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordöstlichen schönen Lotus-Teppich die Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Luchskopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich die Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Rebhuhnkopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen schönen Lotus-Teppich die Nâga-Öde-Göttin mit menschlichem Körper und Tiger-Leopardenkopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nord-

1) ཡིད་འོང་མ

2) དགའ་བའི་གཟི་གྲངས

3) ཆར་འཛེབ་མ (Regensenderin).

4) ཀུན་གསོལ་མ

5) སྐད་སྙན་མ

6) ཡིད་འོང་དགེ་མ

7) ལྷེམ་ཀྱུང་ wird im Mongolischen nur transcribirt; Csoma hat ལྷེམ་ཀྱུང་, das Schmidt und Jaeschke ལྷེམ་ཀྱུང་ schreiben, als «Laune, Grille.»

8) ཀ་ཌིཥ = durnâman, eine Muschelart.

9) རོད་, eine wie es scheint falsche Schreibart statt གོད་.

westlichen schönen Lotus-Teppich die Nâga-Öde-Göttin mit Menschenkörper und Moschusthierkopf; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa südöstlicher Mitte weissem Nabel-Teppich der Nâga-König Manasvin [1]) von hellgelbem Körper und Schmuck, in der Hand Meeresschaum [2]) haltend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich
80* die Nâga-Unholdstochter Khjo-stor-ma [3]) von Blindschlangen-Körperfarbe mit einem Schmuck geziert, angethan mit einem grünen Meergras-Gewande, mit herabhängender blauschwarzer Flechte, mit blauem Panzer, reitend auf einer blauen Stute mit blauem Aussatz unten, in der Hand einen blaurothen Knäuel [4]) haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich die Nâga-Unholdstochter Padmamâlinî [5]), aus dem Munde blaurothen Krankheits-Dampf verbreitend, angethan mit einem blaurothen Meergras-Gewande, in der Hand einen Krankheits-Schlauch haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich die Nâga-Unholdstochter Kâtshâkshî [6]) Krystall-Auge, Fleisch-Wolle und Fell-Wolle [7]) geniessend, in der Hand ein Roth-Herz haltend, aus dem Munde Krankheits-Dampf emporstossend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich die Nâga-Unholdstochter Rudhirâkshî [8]) Blut-Auge, mit blaurother Flechte, Unwetter erregend, in der Hand ein Kerb-Holz [9]) haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordöstlichen schönen Lotus-Teppich die Nâga-Unholdstochter Mahâbalâ [10]) mit Körpermerkmalen, die sich in alles Mögliche verwandeln, in der Hand
81 eine Fangschlinge haltend, aus dem Munde schreckliche Töne hervorstossend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen schönen Lotus-Teppich die grosse Nâga-Unholdstochter Ushṇadharâ [11]), in der Hand ein gelbes Hitze-Herz haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen schönen Lotus-Teppich die grosse Nâga-Unholdin Âjurdharâ [12]), in der Hand das Leben der lebenden Wesen haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich die grosse Nâga-Unholdin Mudhṛitâ [13]), in der Hand einen Wasser schöpfen-

---

1) གནོད་སྦྱིན་ s. oben.

2) d. h. os sepiae, s. oben S. 38. N. 9.

3) བུད་མེད་བུམ་པ་ཁྲོ་སྐྱེས་མ་ «die den Gatten verloren habende.»

4) བྱ་བྱ

5) པདྨ་འཕྲེང་

6) ཤ་བའི་མིག་མ

7) ཤ་བབ་གོ་བབ

8) ཁྲག་མིག་མ

9) ཁམ་ཤིང་

10) སྤྲུལ་པ་ཆེ་ཙམ

11) དྲོད་འཇིད་མ

12) ཆོ་འཇིད་མ

13) རྒྱས་འཛེགས་མ

den Löffel haltend, an heissen Stellen die Säfte in ihre Gewalt sammelnd; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht.

Auf des grossen Dvîpa südwestlichem weissen Nebel-Teppich der Nâga-König, der schwarze Oûra[1]), mit rothschwarzem Körper und Schmuck, in der Hand Spinne und Skorpion haltend; ihm werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem östlichen weissen Lotus-Teppich die weisse Himmelsgöttin, auf dem Kopfe einen Schnecken-Schopf habend, in der Hand das Gestirn Kârtika haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südlichen blauen Lotus-Teppich die blaue Himmelsgöttin, auf dem Kopfe einen Türkis-Schopf habend, in der Hand eine Blitz-Fangschlinge[2]) haltend; ihr werden Ver- 81*
neigung und Opfer dargebracht. Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich die rothe Himmelsgöttin, auf dem Kopfe einen Korallen-Schopf habend, in der Hand eine Edelstein-Standarte haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich die grüne Himmelsgöttin, auf dem Kopfe einen Schopf von rothen Wolken habend, in der Hand einen Regenbogen haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem nördlichen schönen Lotus-Teppich die Himmelsgöttin, Wolkenmassensammlerin[3]), in der Hand das Wind-Banner haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südöstlichen schönen Lotus-Teppich die Himmelsgöttin Velâdharâ[4]), in der Hand das Feuer-Banner haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem südwestlichen schönen Lotus-Teppich die Himmelsgöttin Çitoshṇâ[5]), in der Hand das Wasser-Banner haltend; ihr werden Verehrung und Opfer dargebracht. Auf dem nordwestlichen schönen Lotus-Teppich die Himmelsgöttin Ausgleicherin[6]), in der Hand das Festigkeits[7])-Banner haltend; ihr werden Verneigung und Opfer dargebracht. 82

In den Stumpf-Ecken der acht Nebenweltgegenden die Schaar der Erd-Râkshasa's und Nâga-Râkshasa's; ihnen wird Verneigung und Opfer dargebracht. Auf dem äussern Edelstein-Rechtecke[8]) mit dem Gedanken nicht zu fassende Nâga- und *g*Njan-Diener[9]); ihnen werden Verneigung und Opfer dargebracht. An den vier Thoren die vier Thorwarte der Erdherren; ihnen werden Verneigung und Opfer dargebracht. Die blaurothen Wunschgegenstände sind von Opfergeräth zu umgeben, die vier Dvîpa's und acht Neben-Dvîpa's mit Akonit[10]) zu umgeben, die äussere Ringmauer ist mit Spähern zu umgeben. Nachdem alles so vorgestellt ist, wird das Opfer dargebracht.

---

1) ཨོཾ་མཀཱ་ལི s. oben.

2) ཐུགས་ཀྱི་འདེགས་པ

3) སྤྲིན་ཚོགས་སྡུད

4) ཛེ་བའི་རྡོ་རྗེ

5) ཙ་ཏྲ་སྲོག་གཅོད་ལྟ་བུ, was eigentlich «Heiss-kalt-gleich» bedeutet; vergl. Böhtlingk-Roth u. d. W.

6) སྙོམས་བྱེད

7) སྲོག་བརྟན

8) རྡོ་རྗེ vedikâ.

9) ཀླུ་བྱད und གཉན་བྱད

10) ཏོ་ར

Durch den Vortrag des heiligen Nâga-Hunderttausend, durch die Umkreisung und Verneigung werden nach Verscheuchung der Krankheiten und Schmerzen sicherlich Habe und Wohlstand zunehmen.»

Darauf fragte der aus einem Nâga-Bonpo gewordenen Je *g*Schen snjingpo den durch seine vorzügliche Weisheit mächtigen Lehrer *g*Schen-rabs also: «Wenn also die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die lebenden Wesen von unendlicher Gestalt des Hauptinhalts Anfang und Ende zusammengefasst erkannt, wenn der acht grossen Nâga Maṇḍala eröffnet, mit dem Körper Verneigung, mit der Sprache Vortrag, mit dem Geiste Beleuchtung leistend, die Opfergegenstände dargereicht werden, wird dann nach Verscheu-
83* chung von Krankheiten und Schmerzen Befreiung erlangt? wird nach Zunahme der Habe und des Wohlstandes, das Tugendverdienst gross?»

Also gefragt sprach der Lehrer *g*Schen-rabs: «Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo von einer Schaar von eilf Millionen hunderttausend umgeben, höret mit unbeirrten Sinnen zu: Durch die gänzlich reine Gestalt wird nachdem nicht wie durch die Gabe einmal, sondern eilf Millionen mal Habe und Wohlstand zugenommen haben, das Tugendverdienst gross werden. Ebenso das Wahrnehmen u. s. w.»

85 «Wenn alle Befreiungs-Gesetze gänzlich geläutert und Körper, Sprache und Geist zur Tugend angestrengt worden sind, so wird wenn nicht wie bei den verschiedenen eines, sondern eilf Millionen dargebracht werden, nach Verscheuchung von Krankheit und Schmerz Befreiung erlangt.»

Aus dem kostbaren zauberhaft wahrhaften heiligen weissen Nâga-Hunderttausend-Sûtra die erste Anweisung, das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten zu errichten.

In der Sprache von Shang Shung: dang ling âhe guge bja, in der Sprache Tibets: das heilige weisse Nâga-Hunderttausend.

85* Bei der Frage nach Errichtung des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten werden in der Anleitung sieben Punkte gelehrt: erstens an welchem Ort es zu errichten ist, zweitens durch welchen Priester[1]) es zu verrichten ist, drittens die Gebrechen und Vorzüge, viertens woher der Text der Worte zu nehmen, fünftens zu welcher Seite gehörig, sechstens zu wessen Gunsten, siebentens hauptsächlich zu zeigen das Verfahren in dem Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten.

Was den Ort betrifft, so ist er in der Mitte des südlichen Dshambudvîpa in dem früher Nera gsing[2]) genannten Lande, auch dem Segen-Nâgadvîpa[3]) errichtet.

Was den Priester anbelangt, so ist nachdem der alle Arten des Wissens innehabende

---

1) རྡོབ་གསས

2) ནེ་རྣ་གཉེན་; man wird versucht darin ein Nârasiṁha zu sehen; ob dasselbe mit dem in der Histoire de la vie de Hiouen-thsang S. 97 identisch ist, ist eine andere Frage, wie denn auch Nṛisiṁhavana; s. Weber, Handschrift.-Verz. S. 241 in Betracht kommen muss.

3) བཀྲ་ཤིས་བྱང་ཆུབ་གླིང་

Lehrer *g*Schen-rabs mibo es gethan hatte dem Nâga-Bonpo, des Sommer-*g*Njan's Sohn[1]) und dem *g*Njan-Bonpo Thang thang khrol-pa[2]), der Erdherren Bonpo Khri stag ral[3]) die Anweisung übertragen.

Was die Gebrechen anbelangt, so sind es die zeitwidrigen schrecklichen Epidemien, Aussatz, Pusteln, Krätze, Podagra, Gliederreissen, Geschwülste, Eiter, Wassersucht, missliche Blasen, Fleischgewächs, Geschwüre, Galle, Jucken[4]), schwarze und weisse Blattern, Darrsucht, Lähmung, Seiten-Dürre, Frost, Hagel und Feuer-Periode, Wasser-Periode, 86
Wind-Periode u. s. w. Wenn das heilige weisse Nâga-Hunderttausend nicht vorgetragen wird, treten eintägige Fieber, zweitägige, dreitägige und heftige Fieber ein.

Was die Vorzüge anbelangt: wird das heilige weisse Nâga-Hunderttausend vorgetragen, so werden die zeitwidrigen Epidemien und schrecklichen Gewalten, welche Ungünstiges veranlassen, rückgängig gemacht; nehmen Kälber, Schaafe, Knechte und Mägde zu, werden die Länder rein und lauter.

Was den Text der Worte anbelangt, so ist er aus dem heiligen Nâga-Hunderttausend Text gesammelt; was die Partei anbelangt, so ist er für Phan-jul[5]) festgesetzt; was den Zweck anbelangt, so ist er zum Besten der lebenden Wesen errichtet, wenn die lebenden Wesen von Nâga-Krankheiten ergriffen sind, wenn Frost und Hagel stattfinden, wenn die Nâga's nicht zu rechter Zeit Regen geben, um die Nâga's durch Opfer zu schrecken und durch den Schreck dienstbar zu machen, wenn man *g*Schen-rabs Wort verkündet und sie gehorchen, den Gegner herbeibannt, die Worte erträgt, sie dann gehorchen und Werke zu verrichten genöthigt werden, zu diesem Zweck geschieht es.»

Darauf fragte der aus einem Nâga-Bonpo gewordene Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo den Lehrer *g*Schen-rabs, nachdem er ihn tausendmal umwandelt und sich vor ihm verneigt und eine Handvoll Lotus-Blumen auf den Körper des Lehrers gestreut hatte, also: «Alle Arten der Erkenntniss Besitzender, 64 Weisheiten und 37 Kräfte Innehabender, wie wird 86*
zu eigenem Frommen und zum Keime der Nachkommen dem *g*Schen die Reihenfolge der Ceremonien des Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten gezeigt?»

Also gefragt sprach *g*Schen-rabs also: Es verhält sich also: Aus einem Nâga-Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, dass du gefragt hast, ist gut, ist gut. Während ich die Reihenfolge der Ceremonien des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten und eine gedrängte Anmerkung vortrage höret an Leib, Sprache, Geist euch anstrengend mit unbeirrtem Sinn beständig, mit gläubigem Gemüth unbeirrt zu. Zuerst die Merkmale des Platzes: eine Blumen-Terrasse[6]) das Gemüth erfreuend, in einer Glückes-Segen-Einöde ist der Nâga-König

1) རྒྱུད་གཏུན་ཐོ་བྱུ
2) གྲོང་གྲོད་ཁྲོལ་པ
3) ཁྲི་སྟག་རལ
4) གཉིད་ཀ་ཡཱའ
5) ཕན་ཡུལ
6) སྐྱེས་བྱ

Çañkhapâla opfernd zu zeigen, der durch Meditation vorgestellte Gegner, des Gesetzes-Wandels (Bonthums) gute Werke zu vollziehen, Opfergabe, Streuopfer reichlich darzubringen. Was darauf die Reihenfolge der Maṇḍala-Ceremonie betrifft, so sind den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren-Preta's das weisse Streuopfer der fünf Getreide-Arten, das Streuopfer der süssen Gegenstände, der Arzneien und Blumen darzubringen. Darauf sind folgende Worte der Erde-Ergreifung zu sprechen: «den guten Werken kein Hinderniss entgegensetzend, geruhet zu geben die allgemeine vorzügliche Vollendung; des Heils-Gesetzes Lehre
87 hütend, beschwichtiget die Schmerzen der sechserlei Wesen». Dann ist der neun Klafter messende viereckige Maṇḍala zu errichten, mit Wohlgerüchen und Räucherwerk zu bestreuen, der aus fünffarbigen Fäden gedrehte Leucht-Faden mit folgenden Worten: «Oṁ, dadurch dass des Raumes und Wissens Verkörperung des Könnens und des Wissens Faden gezogen wird, werde der Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten erhellt» an dem Maṇḍala zu befestigen. Darauf sind fünf verschiedene Erdfarben-Arten auf die Mitte des Maṇḍala's zu thun und nachdem man die fünf Elemente gesegnet zu sprechen der Çloka: «Oṁ, die von selbst entstandene Weisheit hervorholend und sammelnd, mit dem Können der leidenschaftlosen Ruhe spielend, der fünf Erd-Arten von selbst entstandene Farben erleuchtend schaffe durch die Frucht der fünf Weisheiten aus den fünf Bedrängnissen die Farben der fünf Classen erlösend den fünf Elementen Vollendung (siddhi)». Darauf ist auf der Mitte weissem Nabel ein Halbmond zu zeichnen; an dessen Aussenseite ein achtblätteriger Edelstein-Lotus zu zeichnen; darauf die vier Stumpf-Ecken gelb zu zeichnen, ein Rechteck mit vier Thoren an den Seiten, Meer, Quellen, Bach und See zu zeichnen. Darauf sind auf die achtblättrigen Edelstein-Lotus die acht grossen Nâga's zu setzen. Auf den fünf Edelstein-Thronen denke man sitzend die fünf Kasten der Kshatrija, Vaiçja, Çûdra, Brahmanen und Tshâṇḍala, in des unsichtbaren Himmelsraumes Mitte den flammenden *g*Njan Çañkhaçîrsha mit dem Türkis-Schopf in der aus Regenbogen-Licht geschaffenen Behausung; auf einer
87* Terrasse[1]) der goldnen Erde in des Sumeru-Berges Edelstein-Behausung in einem Haine schöner Blumen die Erdgebieterin Sthâvarâ, die goldfarbene mit dem goldnen Kruge sitzend. Auf der Mitte Nabel im weissen Halbmonde werde der Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo von blauer Farbe, auf dem Kopf eine Edelstein-Mitra habend, mit dem Gesicht zu den Nâga-Bereichen blickend und lächelnd sitzend gedacht. Auf der Mitte Nabel grünem Halbmonde werde die goldfarbene Erdgebieterin Dṛḍhâ mit goldenem Kruge sitzend gedacht; auf der Mitte Nabel weissem Halbmonde werde der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla, an Körperfarbe polirter weisser Schnecke gleich, den Kopfschmuck mit tausend weissen Schlangen verziert, in der Hand eine Udumbara-Blüte haltend sitzend gedacht. In grauer Zeit werde auf des mittleren Nabels Dreieck der Lehrer *g*Schen-rabs, mit lichtstrahlender Körperfarbe, die Beine in vorschreitender Stellung, den Kopf geschmückt

1) ས་དང་རིམ།

mit den fünf Elementen-Göttern[1]), auf den Scheiteln der fünf Götter die fünf Garuḍa er- 88
zeugend, das Angesicht zürnend gegen die Nâga-Bereiche gewandt, aus dem Munde tausend Garuḍa-Laute hervorbringend und dadurch die Götter-Unholde, die Nâga-Unholde u. s. w., die acht Abtheilungen der Götter-Râkshasa's schreckend gedacht. Auf den drei Halbmonden, dem weissen, rothen und grünen, werden die Nâga's, *g*Njan's und Erdherren sitzend gedacht. Auf dem östlichen weissen Lotus werden der Nâga-Vaiçja, der lichtstrahlende Karkoṭaka an Körperfarbe von gelbem Glanze, den Kopfschmuck mit tausend goldenen Schlangen verziert, als Handzeichen eine Lotus-Blume haltend sitzend gedacht. Auf dem südlichen blauen Lotus werden der Nâga-Çûdra, der flammende Vâsuki[2]) mit blaudunklem Körper und Schmuck, den Kopfschmuck mit tausend Türkis-Schlangen verziert, als Handzeichen eine Lotus-Blume haltend gedacht. Auf dem westlichen rothen Lotus werden der Nâga-Brahmane mit langer Flechte, Hala mit rothflammender Körperfarbe, den Kopfschmuck mit tausend Kupferschlangen verziert, als Handzeichen eine Hala-Blume haltend gedacht. Auf dem nördlichen grünen Lotus werden der schwarze Nâga-Tshâṇḍala, der vielarmige Graha, der Körper von blauschwarzer Farbe strahlend, den Kopfschmuck mit tausend Bronze-Schlangen verziert, als Handzeichen eine Gift-Dorn-Blume haltend gedacht. In den vier Nebengenden die Nâga's Nanda, Takshaka, Ananta, Manasvin[3]), der schwarze 88*
Oṁra[4]) und Ratna-Tshûḍa sitzend gedacht. Auf dem Teppich der vier gelben Stumpfecken werden die Schaar der Erdherren, rtsad rtsad[5]), der Erd-Râkshasa's, Nâga-Râkshasa's, *g*Tod und *g*Zed sitzend gedacht. Die mit dem Gedanken nicht zu fassenden Nâga-Geschlechter des Kreislaufs, die zauberhaften Söhne[6]) werden auf den vier Rechtecken sitzend gedacht; an des Maṇḍala's Ost-Thor werde der Erdherr Stag skja wo[7]) (weisslicher Tiger) mit geschlossenem Rachen weilend gedacht; an des Maṇḍala's Süd-Thor der Erdherr der blaue Türkis-Drache[8]) mit geschlossenem Rachen; an des Maṇḍala's West-Thor der Erdherr der schwarze Stier[9]) mit geschlossenem Maule; an des Maṇḍala's Nord-Thor der Erdherr der rothe Vogel[10]) mit geschlossenem Schnabel weilend gedacht. Die Darbringung der Lampen, welche das die gewünschten Tugenden (Kraft) enthaltende Rechteck erleuchten, das Opfer des Duft-Wassers und Räucherwerks, die Darbringung das Heil-Waschwasser, in dem reines Wasser, Arznei und Milch, Sandel und verschiedene Nâga-Arzneien gemengt

---

1) དཀྱིལ་འཁོར་ལྔ

2) ཁྱབ་བྱེད

3) གཟི་ཚེན

4) ཨོཾ་མཉག་པོ

5) རྩད་རྩད

6) སྐྱེ་བའི་སྲས

7) སྟག་སྐྱ་པོ

8) གཡུ་འབྲུག་སྡོང་པོ

9) འཕྱོང་ནག་པོ

10) བྱ་དམར་པོ

werden, das Sumeru-Götter-Reinigungs-Opfer[1]), die Darbringung schöner Blumen, reines Wasser, Arzneien und Nâga-Arzneien verschiedene giessend, reines warmes Wasser neunerlei Art gemengt zum Frommen des Nâga-Bonpo's und *g*Njan-Bonpo's, späterer *g*Schen-rabs und zum Frommen der lebenden Wesen die bösen Nâga-Bereiche mit Unholde-reini-
89 gendem Wasser besprengend, mit heilenden Arzneien aufrichtend, von den vier Seiten des Maṇḍala, Gestalt-, Laut-, Geruch-, Gefühl- und Nâga-Gestalten verschiedener Art, fünferlei Akonit[2]), der fünf Getreidearten weisses Streuopfer, verschiedene musikalische Instrumente; Tieger, Löwen und sonstiges überaus reichliches Opfer dem im unsichtbaren Raum weilenden *g*Schen-rabs-*b*lama den fünf (Bereichen) der Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed des allerhöchsten Opfers Schmuck darzureichen gedenke.

Bei der dreifachen Weise der Vergegenwärtigung stelle dir in ruhiger Zeit des Lehrers *g*Schen-rabs Körper vor: den Körper von blauer Farbe, auf dem Kopfe eine Edelstein-Mitra, in der rechten Hand einen Edelstein-Krug haltend, in der linken den eisernen Haken der Barmherzigkeit, auf einem Lotus- und Sonnen-Mond-Teppich sitzend, mit dem Gesichte die Nâga-Bereiche anlächelnd, den lebenden Wesen das Gesetz vortragend; in böser Zeit stelle dir vor den Körper des *g*Schen-rabs-mi-po, an Körperfarbe in blauschwarzem Lichte flammend, in der rechten Hand das Schwert des Wissens, in der linken einen Pfauen-Sonnenschirm haltend, den Scheitel geschmückt mit den fünf Wissens-Göttern, die Scheitel der fünf Götter mit den fünf Garuḍa-Geschlechtern verziert, auf dem Scheitel des weissstrahlenden *g*Schen-Gottes[3]) ein seine blauen Flügel ausbreitender Garuḍa, mit verschiedenen Waffen ausgerüstet, seine blauen Fittiche zum Himmel ausbreitend, Vadshra-Schnabel, Klauen mit Eisenhaken, in den Hand-Klauen blaue Türkis-Schlangen haltend, Schlangenköpfe im Munde nagend, mit Wasser-Ungeheuern, Nâga-Jungen, Spinnen, Skorpionen, Krebsen[4]), Fischen und Kaulquappen[5]) geschmückt, die Beine in vorschreitender Stellung auf dem Teppich eines achtspeichigen Rades sitzend, aus dem Munde tausend Garuḍa-Laute hervorbringend.

Darauf lade die Sugata's der drei Zeiten, die Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-, Erd-Râkshasa-, Nâga-Râkshasa-, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren aus der Mitte des unsichtbaren Raumes, vom Himmel und von dem Erdboden ein und bitte sie sich zu setzen. Darauf besprenge mit Wasser, darauf verneige dich, darauf bringe die fünferlei Opfer dar, lobpreise den Körper und ein sehr reines Wunschgebet zeige.

---

1) རིར་བ་བླ་བཞད་ཀྱི་མཆོད་པ

2) བོང་རྩ

3) གཤེན་རབ་

4) ཁ་བཀྲུན wird in der mongol. Übersetzung durch **naimalǰin** übersetzt, das sonst gewöhnlich dem tibetitischen སྡིག་པ entspricht.

5) Im Text ཐྲོད་ཨོ, das wohl nur aus ཐྲུད་ཨོ corrumpirt ist; die mongol. Übersetzung transcribirt das Wort.

Aus dem köstlichen zauberisch wahren heiligen weissen Nâga-Hunderttausend der Bonpo's der achte Abschnitt, die Frage des aus einem Nâga-Bonpo gewordenen Je *g*Schen snjingpo, den Nâga-Haupt-Inhalt und die Reihenfolge der Ceremonien beim Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten zu lehren.

Darauf ist nun aus jenem heiligen Nâga-Hunderttausend zu lehren der Abschnitt der Einladung der Sugata's der drei Zeiten sammt Umgebung, der Zaubergestalten des Vaters 90
und der Mutter des Nâga-Königs sammt dem Zaubergefolge vermittelst der Geheimsprüche, Mudrâ und Meditationen, Ansammlung der guten Werke und der Nutzen des Entschwindens aus dem Kreislauf, sowie die Ansammlung der Ursachen und Folgen der Handlungen der eigenen Vollendung.

Darauf fragte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je-*g*Schen-snjing-po mit Edelstein-artig scheckigem Körper, den Kopf geschmückt mit den fünf Element-Göttern und auf den Scheiteln der fünf Götter die fünferlei Garuḍa schwebend, den Kopf geschmückt mit weiss-scheckiger Schlange, den Hals mit gelbscheckiger Schlange, das Gelenk mit blauscheckiger Schlange, die rechte und linke Hand mit rothscheckiger Schlange, den Mittelleib mit schwarzscheckiger Schlange umgürtet, in der rechten Hand eine Pfauen-Standarte, in der linken einen Alligator haltend, die Beine in vorschreitender Stellung, mit also gezaubertem Körper und von einer Schaar von eilf Millionen hunderttausend mit den fünf Nâga-Kasten an der Spitze umringt, nachdem er den Lehrer *g*Schen-rabs-mi-bo umwandelt und sich vor ihm verneigt, sein Knie auf die Erde gesetzt und die Handflächen zusammengelegt hatte auf andächtige Weise hervortretend also: «Den Sinn der Zauber-Rede erkennender *g*Schen-rabs-*b*lama, geruhe den Nutzen des Entschwindens aus dem Kreislauf nach Ansammlung der Tugendverdienste und den Nutzen der Ansammlung von Ursache und Folge zu eigenem Frommen, da es sehr schwer ist das Angesicht des alle Arten des Wissens Innehabenden zu erblicken, aus dem Innern des Geistes den Sinn der Anleitung hervorholend zum Nutzen der veranlassenden Gläubigen zu lehren.

Also gefragt sprach der mit vorzüglichem Wissen begabte mächtige Lehrer *g*Schen-rabs in Versen also: «Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo und die übrigen Nâga-Bonpo, *g*Njan-Bonpo, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Geschlechter, von einer Schaar eilf Millionen hunderttausend umgeben, es ist gut, es ist gut dass er gefragt hat. Es verhält sich also: den Nutzen des Entschwindens aus dem Kreislauf durch Ansammlung des Verdienstes zu zeigen und wie der Nutzen der Ursache und der Folge zu ergreifen sei, die Gestalt gleichwie einen Stein[1]) aufgegeben, mit einer ganz reinen, fleckenlosen Gestalt eine Masse des Tugendverdienstes angesammelt habend, des Maṇḍala Götterschaar opfernd, die sechs Klassen lebender Wesen, die Nâga, *g*Njan, Erdherren sammt Umgebung mit allum-

1) Obwohl ich hier der mongol. Übersetzung folge, muss ich bemerken, dass der Text ཅིར་བཞག་ bietet.

fassender maassloser Barmherzigkeit ergriffen habend, die Gaben der fünf Alles bewältigenden Weisheiten ausbreitend, wird man nachdem man zur Spitze des eigenen Nutzens gelangt ist durch die Vollendung fremden Nutzens, den Nutzen der Wesen bewirken. Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, mit gänzlich reiner Gestalt vor den verschiedenen eilf Millionen Sugata's sich verneigend und mit Hersagung ihrer Namen die Sünden bekennend also die bewirkende Verdienst-Ansammlung erreicht und als Frucht des
91 Verdienstes Wissens-Ansammlung vollendet habend, wird man die allerhöchste Befreiung erlangen. Der Nutzen des Entschwindens aus dem Kreislauf nach Ansammlung des Verdienstes ist gezeigt und also der Nutzen der Ursache und Folge ergriffen. Ebenso auch in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.

93 Darauf fragte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo den *g*Schen-rabs also: «Zu der des Kreislaufs baaren Ruhe geleitender Lehrer *g*Schen-rabs, wenn man mit ganz reinen Gemüthes Fleckenlosigkeit die sechs Classen lebender Wesen, die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren mit allumfassender Barmherzigkeit ergriffen, wie erlangt man dann Vollendung der Wissens-Masse des Verdienstes? Wenn man die
94 Gaben der alles bewältigenden fünf Wissensarten ausgebreitet und als Frucht des Verdienstes Wissens-Masse vollendet hat, wie erlangt man die allerhöchste Befreiung?»

Also gefragt, sprach der Lehrer *g*Schen-rabs: «Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, es verhält sich also: es werden durch diese Fleckenlosigkeit des ganz reinen Gemüthes die sechs Classen lebender Wesen, die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed, welche im Kreislauf weilen, Schmerzens- und Jammerlaute ausstossen, wie Vater- oder Mutterlose, Kinderlose oder Habelose, Nahrungslose oder Vermögenslose, von Krankheit gedrückt oder von kurzem Leben, in Lebensgefahr sind, wenn ein gläubiges Wesen die Weihe und die Ceremonie zum Nutzen der lebenden Wesen mit barmherzigem Gemüthe vollzogen, den Sugata's ein Götter- und Menschen-Maṇḍala dargebracht, das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten tausend mal umwandelt und sich verneigt, das heilige weisse Nâga-Hunderttausend vorgetragen, eine Gestalt mit den fünf Wunschgegenständen, Frucht, Arzneien, weisses Streuopfer und Habe in reichlicher Masse bereitet, zu
94* den Sugata's gefleht hat, von den acht und sechszehn Schmerzen befreit. Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, durch die Fleckenlosigkeit der ganz reinen Gestalt werden gleichsam durch des Geistes Krystalledelstein die sechs Classen der lebenden Wesen, die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren, wenn die Vatergleich Nutzen schaffende maasslose Barmherzigkeit verschiedene eilf Millionen umfassende maasslose Barmherzigkeit erzeugt ist, die bewirkende Verdienst-Ansammlung nach Wunsch erreichen; wenn die Muttergleich Nutzen schaffende maasslose Liebe verschiedene eilf Millionen umfassende maasslose Liebe erzeugt ist, die bewirkende Verdienst-Ansammlung nach Wunsch erreichen; wenn die einem aus einem Schatz erlangten Juwel gleich Nutzen schaffende maasslose Freude verschiedene eilf Millionen umfassende maasslose Freude erzeugt ist, die bewirkende Verdienst-Ansammlung nach Wunsch erreichen; wenn die einer ununterbroche-

nen Flussströmung gleich Nutzen schaffende maasslose Geduld die verschiedenen eilf Millionen umfassende Geduld erzeugt ist, die bewirkende Verdienst-Ansammlung nach Wunsch erreichen. Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo, ebenso auch in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.

Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo wenn bei den sechs Classen 96
lebender Wesen: den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed, die von acht und sechszehn Schmerzen bedrängt werden, ein mit sehr reinem Gemüthe ausgestatteter Mann, nachdem er Weihe und Anleitung erlangt, sich vervollkommnet, um den sechs Classen lebender Wesen, die von Krankheit gequält und von Begierde bedrängt werden, Nutzen zu schaffen und zur Ruhe zu bringen, sind den sechs Classen lebender Wesen: den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren die Vollkommenheit des Gebens mit gänzlich reinem Gemüth: Spiegelgleiches Wissen, Thatkraft-Wissen, Prüfungs-Wissen, Gleichheits-Wissen, Leere-Wissen, diese alles bewältigenden fünf Wissens-Arten als Gabe zu geben. In den von der Unwissenheit Bedrängten ist des Wissens Gabe ohne Gleichen nicht einfach, sondern eilf Millionenfach zu verbreiten; bei den von Begierden Gedrängten ist die Gabe des Barmherzigkeit-Gebens ohne Gleichen nicht einfach, sondern eilf Millionenfach zu verbreiten; bei den von Zorn Bedrängten ist die Gabe der Liebe ohne Gleichen, nicht einfach sondern eilf Millionenfach zu verbreiten; bei den von Stolz Bedrängten ist die Gabe der Sanftmuth ohne Gleichen nicht einfach, sondern eilf Millionenfach zu verbreiten; bei den von Neid Bedrängten ist die Gabe des Weiten[1]) ohne Gleichen, nicht einfach sondern eilf Millionenfach zu verbreiten. Die sechs Classen der lebenden Wesen: die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren, welche Schmerzens- und Jammerlaute ausstossen, Vater- und Mutterlos, Kinderlos, Hab- und Nahrungslos, Vermögen- und Wohlstandslos, von Krankheiten bedrängt, von kurzem Leben, in Lebensgefahr befindlich sind, werden von den Schmerzen befreit als Frucht des Verdienstes Wissens-Ansammlung vollenden und die allerhöchste Befreiung erlangen. Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo, zu eigenem Nutzen geschaffene Verdienst-Ansammlung wird also erlangt, die hemmende Ursache also abgewendet sicherlich. Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo, die sechs Classen lebender Wesen, die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren, die von acht und sechszehn Schmerzen bedrängt sind, werden, wenn mit gänzlich reinem 97
Gemüth ein Mann nach erhaltener Weihe und Anleitung vollendet um den lebenden Wesen, welche von Krankheit und von Begierden bedrängt werden, Nutzen zu schaffen und sie zur Ruhe zu führen, die lebenden Wesen der sechs Classen, die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren ebenso die Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.

*g*Schen-rabs sprach: «O Nâga-Bonpo Je *g*Schen *s*njingpo, also wird der Sinn der 99
Worte der Handlungen erfasst; höre mit unbeirrten Sinnen standhaft zu: aus dem *g*Jung-

---

1) ཡངས་པ།

drung-Mahâjâna-Sûtra: dem heiligen weissen Nâga-Hunderttausend die Nâga-Krankheiten und *g*Njan-Krankheiten, die Erdherren-Kobolde, weisse und schwarze Blattern, Geschwüre, Krätze, Drüsengeschwülste, Eiter, Geschwulst, Wassersucht, Podagra, Blattern, Frost, Hagel, Wasser-Periode, Eis-, Regen-, Schneegestöber, Feuer-Periode, sengende Dürre,
99* zeitwidrige schreckliche Epidemien, alle widerwärtigen Zeitläufte, unheilsvolle Hindernisse, plötzliche Geistesverwirrung — Ursache und Einfluss aller dieser Übel werden abgewendet; wenn die nachkommenden *g*Schen-rabs-Gläubigen dieses dem Amṛta-Strom ähnliche heilige weisse Nâga-Hunderttausend mit andächtigem Glauben schreiben, lesen, lehren, laut vortragen, von Zeit zu Zeit erfassend in festgesetzter Zahl lesen, um allen lebenden Wesen vollkommenen Nutzen zu schaffen aus dem heiligen weissen Nâga-Hunderttausend, die Sugata's der drei Zeiten, die Nâga's, *g*Njan's und Erdherren mit ihrer Umgebung einladen, muss zuerst der die Handlung Verrichtende mit heller Einsicht und grossem Glauben gereinigt und geläutert, mit schönem Schmuck angethan, mit dem Gesicht nach Osten blickend die Zufluchtssuchung vornehmen, mit den fünf Mudrâ's der Natur-Weise[1]), aus dem Munde tausend Garuḍa-Laute hervorbringend durch dreifache Mühe der Meditation des Sinnes theilhaft zu werden suchen; darauf die Sugata's der drei Zeiten, die Nâga's, *g*Njan's und Erdherren nebst Umgebung im Gemüth sich deutlich vorstellend, durch die Vertiefung ein-
100 laden und Platz zu nehmen bitten, die Reinigung vornehmen, sich reinigen und die fünf Arten von Opfer darbringen, mit Vertiefung den Körper lobpreisen und ein überaus reines Gebet verrichten, das Gemüth mit Erbarmen zu erfüllen. Darauf muss der Vollzieher der Handlung den Körper mit Anstrengung aufrichtend in gebundener Rede einladen. Oṁ, aus des unwandelbaren Gesetzes Raumes Mitte, geruhe, Lehrer *g*Schen-rabs voller Barmherzigkeit, mit der gesammten Schaar der Sugata's der drei Zeiten, um die Schmerzen der sechs Classen der Wesen zu beschwichtigen, auf des Maṇḍala mittlerem weissem Halbmonds-Teppich, mit deiner Schaar eingeladen zu kommen. Aus der Mitte des unsichtbaren Himmelsraumes, aus dem die Finsterniss aufhellenden Lichte verkörperter *g*Njan Çaṅkhaçirsha mit dem Türkis-Schopf, mit deiner gesammten Umgebung, geruhe aus dem Regenbogen-Licht-Zelt auf des Maṇḍala mittleren rothen Halbmondes Teppich eingeladen mit deiner Schaar zu kommen. Aus dem Palaste des Akanishṭa Raumes auf der goldenen Erd-Terrasse aus des Sumeru-Edelstein-Hause im schönen Blumen-Haine, von dem Lotus-Teppich
100* aus fünferlei Edelsteine geruhe, o Erdgebieterin Sthâvarâ mit goldenem Kruge nebst der gesammten Umgebung auf des Maṇḍala mittleren grünen Halbmondsteppich eingeladen mit deiner Schaar zu kommen. Die *g*Njan's und Erdherren von oben und unten des Herzens und des Geistes magisch geschaffen, Söhne von den vier Haupt- und acht Nebenweltgegenden von oben und unten, Nâga-Geschlechter (an Zahl) mit den Gedanken nicht zu fassen, der Hauptstamm in den fünf Kasten zusammengefasst, in der Mitte aus der Tiefe des Haar-

1) རང་བཞིན་ཆ་ལྷག་ས

Schopf-Meeres[1]), aus der Nâga Behausung maasslosem Palaste, aus der Mitte der weissen Schneckenburg der Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte Çañkhapâla, von einer Schaar von weissem Hunderttausend umgeben, von dem kostbaren Gold-Throne mit gesammter Umgebung geruhe, auf des Maṇḍala mitteren Nabels weissen Talbmonds-Teppich eingeladen mit deiner Schaar zu kommen. Aus der östlichen Beryll-Wogen Mitte der gelbstrahlende 101
Nâga-Vaiçja Karkoṭaka mit gelber Körperfarbe, von einer Schaar von gelben Hunderttausend umgeben, geruhe von dem kostbaren Türkis-Teppich mit dem gesammten Gefolge auf den östlichen weissen Lotus-Teppich eingeladen, mit der Schaar zu kommen. Aus der südlichen blauen Beryll-Wogen-Tiefe blauflammender Nâga-Çûdra Vâsuki[2]) mit blaugrünem Körper und Schmuck, von einer Schaar von blauen Hunderttausend umgeben, geruhe von dem kostbaren Kupfer-Throne mit gesammter Umgebung auf den südlichen blauen Lotus-Teppich eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der westlichen rothen Rubin-Wogen Mitte Nâga-Brahmane mit rother langer Flechte Hala, der Körper von rothem Lichte flammend, mit einer Umgebung von rothen Hunderttausend, von dem köstlichen Eisen-Thron geruhe mit der gesammten Umgebung auf den westlichen rothen Lotus-Teppich eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der nördlichen grünen Smaragd-Wogen Mitte schwarzer Nâga-Tshâṇḍala vielarmiger Graha mit einer Umgebung von schwarzen Hunderttausend, von dem kostbaren Bronze-Thron geruhe mit der gesammten Schaar 101*
auf den nördlichen grünen Lotus-Teppich eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der nordöstlichen Nâga-Residenz geruhe Nâga-König Nanda-Takshaka mit weissgrünem Körper und Schmuck, mit einer Schaar von weissgrünen Hunderttausend umgeben, mit der gesammten Schaar, auf den nordöstlichen Lotus-Teppich, eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der südöstlichen Nâga-Residenz Nâga-König Ananta-Manasvin von blaugrünem Körper und Schmuck, mit einer Schaar von blauweisslichen Hunderttausend umgeben geruhe auf den südöstlichen Lotus-Teppich eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der südwestlichen Nâga-Residenz der Nâga-König Oṁ ra[3]) der schwarze mit rothschwarzem Körper und Schmuck, von einer Schaar von rothschwarzen Hunderttausend umgeben, geruhe, mit der gesammten Umgebung auf den südwestlichen Lotus-Teppich, eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der nordwestlichen Nâga-Residenz der Nâga-König Tshûḍâratna mit rothgrünem Körper und Schmuck, von einer Schaar von rothgrünen Hunderttausend umgeben, geruhe mit der gesammten Umgebung auf den nordwestlichen Lotus-Teppich eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus der Höhlung des Erd-Innern, rtsang-rtsang-Schaaren, die Erd-Râkshasa's, Nâga-Râkshasa's, *g*Tod und *g*Zed, geruhet auf die Teppiche der vier gelben Stumfecken eingeladen mit der Umgebung zu kommen. In

---

1) ཀླུ་རྒྱལ་ཆུ་མཚོ
2) ཤེལ་ལྟུན
3) སོ་མཐག་ངེ

den vier Haupt- und acht Nebengegenden auf der Erde wohnende, im Meere, in den Seen und Quellen, auf des Eisgebirges Felsen-Stellen wohnende, in Gräsern, Bäumen, Wäldern, Gramen[1]), Kreislaufs-Nâga-Geschlechter (an Zahl) mit dem Gedanken nicht zu fassender Zaubergebilde nebst Zauber-Umgebung geschaffener Söhne, auf des Maṇḍala vier Rechtecks-Teppiche geruht eingeladen mit der Schaar zu kommen. Aus dem südlichen Zwischenraum zwischen Himmel und Erde der Erdherr, der blaue Türkis-Drache mit geschlossenem Rachen geruhe zu kommen. Aus dem westlichen Zwischenraum zwischen Himmel und Erde der Erdherr, der schwarze Stier mit geschlossenem Maule auf des Maṇḍala westliches Thor eingeladen durch das Opfer geruhe zu kommen. Aus dem nördlichen Zwischenraum zwischen Himmel und Erde der Erdherr, der rothe Vogel mit geschlossenem Schnabel zu
102 des Maṇḍala nördlichem Thore eingeladen mit der Schaar geruhe zu kommen. Oṁ nâga râdsha samasa dsha*h*, dsha*h* also sprechend muss man die Stimme ein Weilchen ertönen lassen.

Aus dem köstlichen zauberisch wahren heiligen weissen Nâga-Hunderttausend, dem *g*Jung-drung-mahâjâna-Sûtra der Bonpo's der neunte Abschnitt die durch Einladung der Sugata's der drei Zeiten, der Nâga's, *g*Njan's und Erdherren sammt Umgebung herbeigeführte Verdienst-Ansammlung und der verursachte und bewirkte Nutzen.

Darauf wurden aus dem heiligen weissen Nâga-Hunderttausend, dem kostbaren zauberisch wahrhaften *g*Jung-drung-mahâjâna-Sûtra aus dem Innern des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten die Einladung der Sugata's, Nâga's, *g*Njan's und Erdherren gezeigt, zeigte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo, wie des Stiftungs Gottes Maṇḍala darzubringen, wie verschieden Maṇḍala zu verrichten sind und die Anleitung das Gefäss der Gemüths-Erbauung zu waschen, auch des Sonne-Mond-Lotus dreieckigen Tschakra-Teppich segnend einzuladen, darauf nachdem die Einladung gezeigt, liest er mit den Worten: Oṁ die Sugata's der drei Zeiten mit gesammter Umgebung, der Nâga-König Vater- und Mutter-Zaubergebilde nebst der hervorgezauberten Umgebung geruhe auf dem sehr reinen achtblättrigen Lotus, auf den mit des Umkreises Zwischen-Terrasse und dem Schmuck von vier Thoren gezierten Palast Maṇḍala voll Barmherzigkeit und Gelübde hal-
103 tend von den eignen Wohnsitzen auf dem Teppich mit zweifelloser Freude segnend Platz zu nehmen. Oṁ nâga râdsha dsha*h* dsha*h* sama ja sti sta lhan lhan. Die Stimmen vertönen. Darauf brachten dem aus einem Nâga Bonpo gewordenen Je *g*Schen snjingpo die dreifache Umgebung von eilf Millionen-hunderttausend Nâga's, *g*Njan's und Erdherren von mit dem Gedanken nicht zu fassenden Menschen- und Nicht-Menschen-Schaaren umringt, nachdem sie Schmuck und Gewand schön eingerichtet, die Nâga's ein reichliches Opfer das

---

1) ཀླ་མ

weiten Lotus-Maṇḍala dar; die *g*Njan's brachten des Halbmondes mächtigen Maṇḍala opfernd dar, die Erdherren brachten das grause Maṇḍala des weiten Tschakra opfernd dar.

Der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen snjing-po, nachdem er das Maṇḍala des reichlichen Genusses der Frucht des Edelsteins von Erde und verschiedene Maṇḍala opfernd dargebracht, tausend Umkreisungen und Verneigungen verrichtet, die Knie auf die Erde gesetzt, die Handflächen zusammengelegt hatte, sprach mit einem durch die Vertiefung geläuterten Gemüthe also: Ich und die veranlassenden Gabenspender, unendliche lebende Wesen der drei Regionen um Läuterung von den Gebrechen der Bedrängniss, um an Körper, Sprache und Geist Weihe und Anleitung zu den fünf Tugend-Handlungen zu erlangen, bringen mit gläubigem Körper, Sprache und Geist dem zu unwandelbarer Ruhe geleitenden *g*Schen-rabs-Lehrer und den Guru's Opfer dar. Mit Barmherzigkeit segnend geruhe es 103*
anzunehmen, nachdem du es angenommen geruhe Erfüllung zu gewähren; der Bedrängniss und des Wissens Gebrechen reinige. Ma [1]) ist weil man nicht geboren wird ma, 'dal ist so viel es weit ausgebreitet *g*dal ist; nimm das ungeborne Verbreitungs-Opfer entgegen. Nachdem er verschiedene mit dem Gedanken nicht zu fassende Opfer dargebracht hatte, sagte er *g*Schen-rabs: O Lehrer, uns und unserer Umgebung aus dem Geist den wahrhaften Begriff hervorholend, geruhe zu sâgen, wie der verschiedenen Aufbau [2])-Maṇḍala Ursache, Maass, Gestalt, Beispiel, Sinnbild, Fehler und Vorzüge, Darbringungs-Weise nach Wunsch und Bedarf sind.

Also gefragt, sprach der Lehrer: Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen-snjingpo und die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren nebst Umgebung und endloser Gestalten lebender Wesen höret mit unbeirrtem Sinne standhaft zu. Um, dreierlei Sünde, des Körpers, der Sprache, des Geistes unterlassend, mit des Körpers, der Sprache und des Geistes Reinheit in dem Strom des Verdienstes eine Masse anzuhäufen, verhalten sich Bedeutung und Nothwendigkeit der verschiedenen Aufbau-Götter-Maṇḍala also. Man muss wissen, dass eine allgemeine Ursache und eine nicht allgemeine gelehrt werden. Was das 104
Maass anbelangt, so ist es dreierlei. Klafter-Maass, Pfeil-Maass, Ellbogen-Maass. Drei Stockwerke, drei Terrassen giebt es, rund, dreieckig, halbmondförmig an Gestalt; das Gerstenkorn wird viereckig angezeigt, Tarretadde von Spiegel-Gestalt, das Krystall gilt als Sinnbild des Eies. Kennt man also die Bedeutung nicht, so werden der Bedrängniss und des Wissens Begierden nicht gereinigt; der Tugend Recht und Vollendung erreicht habend, sind die lebenden Wesen sehr gereinigt fleckenlos. Um im Buchstaben *a* die Weihe und Ceremonie zu zeigen, wird wenn dem Schutzgott [3]) geopfert wird, Siddhi [4]) erreicht; wird dem Priester dargebracht, wird Anleitung erlangt. Hat man die Bedeutungen

1) སྐོལ་བྱ
2) བགོད་པའི་མ་འདབ
3) ཡིད་མ་བྱ
4) དངོས

unbeirrt geprüft und das heilige weisse Nâga-Hunderttausend beständig vorgetragen, Zeit und Zahl wahrnehmend Opfer dargebracht, sich die Götter der fünf Kasten vorgestellt, das Garuda tausend mal hergesagt und zurückgescheucht, so werden die Krankheiten und Schmerzen gereinigt.

Darauf ferner sagte *g*Schen-rabs der Lehrer: Aus einem Nâga Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, ihr Nâga's, *g*Njan's und Erdherren höret unbeirrten Sinnes standhaft zu. Bringt man ein rundes Beruhigungs-Maṇḍala dar, so erlangt man ein unwandelbares
104* Vermögen des Körpers; bringt man ein dreieckiges grauses Tschakra-Maṇḍala dar, so erlangt man Rede-Vermögen mit unbehindertem Wohllaut; bringt man ein Maṇḍala eines ausgebreiteten Halbmonds dar, so erlangt man das Himmelsvermögen des unveränderlichen Gemüths. Bringt man das Beruhigungs-Maṇḍala des aufgeblühten Lotus dar, so erlangt man sicheres Tugend-Vermögen gleich dem ausgebreiteten Lotus. Bringt man ein hakenkreuzförmiges Maṇḍala mit gewundenem Umkreis dar, so erlangt man unerschütterliches und unwandelbares Vermögen und dadurch das Vermögen seine Angelegenheiten herrlich auszuführen. Bringt man ein Maṇḍala dar von bunten Tschi-le[1])-Edelsteinen zahllos gehäuft, so erlangt man das Vermögen eines Edelstein-Schatz-Hauses. Bringt man ein Maṇḍala dar von angehäuften Ja-le[2])-Blumen und Knospen, so erlangt man das Vermögen
105 schöner Farbe und schönen Aussehens. Bringt man ein Maṇḍala dar mit duftendem Räucherwerk bestreut, einen Docht-Aufbau, Knospen-Aufhäufung und bunt gezeichnet, so erlangt man das Vermögen sich an Wohlgerüchen und an angenehmen Reden zu erfreuen. Bringt man ein Tarre-tadde[3]) Spiegelähnliches Maṇḍala dar, so erlangt man das Vermögen klaren Sinnes. Bringt man ein Maṇḍala aus kostbaren Gerstenkörnern u. s. w. 360 verschiedene Arten von Körnern dar, so wird man eines unversieglichen Vermögensschatzes theilhaft und das Vermögen erlangen grosse Geschenke zu geben. Bringt man ein Maṇḍala dar aus fünf leuchtenden schönen Erdfarben, so erlangt man das Vermögen über die fünf Elemente[4]). Bringt man reichliches Götter-Maṇḍala mit verschiedenem Aufbau dar, so wird man aus den Schmerzen der Armuth befreit und furchtlose Frucht erlangen, Weihe und Anweisung zu des Körpers, der Rede, des Gemüthes Tugend-Werken erhalten.

Darauf fragte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen-snjing-po mit seiner Umgebung den *g*Schen-rabs: «O Lehrer, welcher Art ist die Beschaffenheit und die Bedeutung des Götter-Maṇḍala mit verschiedenem Aufbau?»

Also gefragt sprach *g*Schen-rabs-Lehrer: Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjing-po nebst Umgebung, es ist gut, dass du gefragt hast, es ist gut. Es verhält sich also. Die Natur des Götter-Maṇḍalas mit verschiedenem Aufbau geht über die Gränze

---

1) རི་ལེ

2) ཡ་ལེ

3) དཀར་རྟ་དེ

4) སྒྲོལ་མ་རགས་བཞི་བ

des Wollens hinaus, seine Bedeutung ist der Geburt überhobene Ausdehnung[1]). Also alle Gränzen des Wollens der Gestalt aufgebend, muss man sich den Begriff der geburtsfreien Ausdehnung vorstellen; hat man Natur und Bedeutung des Götter-Maṇḍala's mit verschiedenem Aufbau festgestellt, so ist die Gestalt gänzlich rein; hat man mit dieser gänzlich reinen Gestalt die Bedeutung dieses Götter-Maṇḍala's mit verschiedenem Aufbau erkannt, 105*
so wird der Nutzen der belebten Wesen erfolgen. O Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjing-po die Natur des Götter-Maṇḍalas mit verschiedenem Aufbau ist über die Gränze des Wollens hinausgehend, die Bedeutung ist geburtsfreie Durchgängigkeit. Ebenso in Betreff des Wahrnehmens u. s. w.

Darauf fragte der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjing-po, nachdem er 106
die Handflächen zusammengelegt hatte, den *g*Schen-rabs: «O Lehrer, wenn die Kreislaufs-Gesetze alle Gränzen des Wollens aufgegeben, wenn der Begriff der geburtsfreien Durchgängigkeit betrachtet worden, und das Götter-Maṇḍala mit verschiedenem Aufbau in Ordnung gebracht, wird dann dadurch, dass durch der Kreislaufs-Gesetze gänzliche Reinheit der lebenden Wesen Nutzen erfolgt und man die gänzlich reinen Nirvâṇa-Gesetze der Befreiung zu erlangen bemüht ist nach Zunahme des Vermögens und Wohlstands Befreiung 106*
erlangt?»

Also gefragt, sprach *g*Schen-rabs: Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjing-po höre unbeirrt standhaft zu: Ist das Antlitz des Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten eröffnet, ist das Antlitz des heiligen weissen Nâga-Hunderttausend eröffnet und die Lehre vorgetragen, den Sugata's der drei Zeiten, den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren sammt Umgebung der Aufbau-Götter-Maṇḍala dargebracht, und mit ganz reinem Gemüthe das Wunschgebet verrichtet, so wird nach Zunahme des Vermögens und des Wohlstandes Befreiung erlangt. Deshalb erlangt man, wenn man sich den Begriff die Vollkommenheit des Gebens ohne Gleichen nicht einfach, sondern eilf Millionenfach vorstellend mit ganz reinem Gemüthe sich guter Werke befleissigt Befreiung u. s. w.

Darauf fragte der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjing-po den *g*Schen- 108
rabs also: O Lehrer, was für ein Verfahren ist zu beobachten, um mit gänzlich geläutertem Geiste sich zu hüten, zur Zeit da der Geist enteilt oder die Seele verwirrt wird? Was für eine Reihenfolge ist zu halten, um die tausend Garuḍa-Laute rückgängig machend, die Nâga-Krankheiten, die *g*Njan-Krankheiten, die Erd-Unholde und die Planeten-Unholde durch Schreck zu bändigen?

Also gefragt, sprach der *g*Schen-rabs-Lehrer: Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjing-po mit gebeugtem Körper, höre unbeirrten Sinnes standhaft zu. Um mit gänzlich reinem Gemüth

---

1) གྲོལ་མེད་གང་ལ

zur Zeit da der Geist enteilt, die Seele irrt, sich zu hüten, ist folgendes Verfahren zu ergreifen. Das (Sonnen) Aufgang Genannte und das Finsterniss Genannte muss man zur Zeit des enteilenden Geistes kennen, die weisse Hälfte und die schwarze Hälfte muss man zur Zeit, da die Seele irrt, kennen. Zu der Zeit ist das Verfahren sich zu schützen dieses: Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjing-po, hat man mit gänzlich reiner Gestalt, in dem Aufgang Genannten ein Götter-Maṇḍala mit Aufbau errichtet, hat man nach Wunsch das Gebet verrichtet, das heilige Nâga-Hunderttausend vorgetragen, so muss man in dem Sinn der
108* Sammlung des Gemüths weilen. Hat man mit gänzlich reiner Gestalt in dem «Untergang» Genannten ein Götter-Maṇḍala mit Aufbau dargebracht, hat man nach Wunsch gebetet, so muss man im Sinn der Gemüthssammlung verweilen. Um das Schwanken des Geistes zu verhüten, ist dieses Verfahren einzuschlagen; nach Zunahme des Vermögens und Wohlstandes erlangt man dann sicherlich Befreiung, nach Beseitigung der Krankheiten und Schmerzen sicherlich Befreiung. Ebenso mit dem Wahrnehmen u. s. w.

109 O Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, höre mit gebeugtem Körper unbeirrten Sinnes standhaft zu. Hat man mit gänzlich reiner Vollkommenheit des Gebens in der weissen Hälfte das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten errichtet, so muss man verweilen im Sinn der gleichen Vergegenwärtigung der Götter der fünf Nâga-Kasten. Hat man mit gänzlich reiner Vollkommenheit des Gebens in der schwarzen Hälfte das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten dargebracht, so muss man verweilen im gleichen Sinn der Vergegenwärtigung der Götter der fünf Nâga-Kasten. Dieses Verfahren ist zu ergreifen um Geistesverwirrung zu verhüten. Nach Beseitigung von Krankheit und Schmerz erlangt man dann sicherlich Befreiung, nach Zunahme der Habe und des Wohlstandes sicherlich den Ort der Ruhe. O Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, höre mit gebeugtem Körper und unbeirrten Sinnen zu; die fünf Vollkommenheiten zu eignem Nutzen, die Vollkommenheiten der Sittlichkeit und die übrigen, die fünf Vollkommenheiten zu fremdem Nutzen, die Vollkommenheit der Kraft und die übrigen; die neun durch allgemeine Merkmale Ununterscheidbarkeiten, die äussere Leere
109* und die übrigen, die neun durch eigene Merkmale Unfassbarkeiten, die Leere der Eigenheit u. s. w., die vier Achtsamkeiten u. s. w., die zehn Heils-Stufen, die Ansicht der grossen Einsicht, die eilf Kennzeichen der Frucht, der auffassende Glaube und die übrigen Gesetze zur Erlangung der grossen Befreiung sind Befreiungs-Gesetze der dreizehn Stufen. Die fünf Wissens-Arten, Spiegelgleiches Wissen u. s. w., die vier allumfassenden Maasslosigkeiten: die Maasslosigkeit der Barmherzigkeit und die übrigen, hat man diese gänzlich reinen Befreiungsgesetze in der schwarzen Hälfte des Nâga-Maṇḍala der fünf Kasten dargebracht, so muss man in dem Sinn der gleichen Betrachtung der Götter der fünf Kasten verweilen. Hat man das Verfahren um Geistes-Verwirrung zu verhüten also ergriffen, so erlangt man nach Beseitigung von Krankheit und Schmerz die Befreiung. Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, um durch Hersagung des Garuda-Geheimspruchs die Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-Krankheiten, die Planeten-Krankheiten zu bändigen, ist folgendes Schutzverfahren einzuschlagen; da die drei süssen Speisen der lüsternen Nâga's Eigenthum sind, muss man

sich hüten, da Fisch-Fleisch, Schlangen[1]) ..... Zwiebel, Knoblauch der zornigen Nâga's Eigenthum sind, muss man sich hüten; bei Tag und Nacht schlafen und verkehrte Liebe, rauhe Thaten, Blut-Erzeugung[2]) ..... Aufregung sind zu verhüten, mit dem 110
Herzen (Kernspruch) ist unterbrochene Leib-Umschlingung zu hüten, mit sehr reinem Gemüth und den Kernspruch hersagend wird man nach Beseitigung der Krankheit und Schmerzen Befreiung erlangen.

Aus dem heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's der zehnte Abschnitt: die Anweisung die Zaubergestalten der Nâga-Könige Vater und Mutter nebst Umgebung einzuladen und die Darbringung des Aufbau-Götter-Maṇḍalas.

Darauf wird aus dem heiligen Nâga-Hunderttausend gelehrt in Betreff des Körpers der Sugata's der drei Zeiten; um sich selbst und der endlosen Wesen aller sämmtliche Flecken der Bedrängniss und des Wissens, um der Nâga's, *g*Njan's und Erdherren Schmerzen läuternd zu reinigen, mit dem die Flecken der Gelüste reinigenden Weih-Wasser zu besprengen und die verschiedenen Thore zu weihen. In einem Edelstein-Gefäss ist heiliges Wasser mit Milch einer weissen Kuh gemischt zu giessen, fünferlei Edelsteine, fünferlei Pulver, fünferlei Getreide, fünferlei Herzen, drei weisse, drei süsse Gegenstände, mit verschiedenen Gegenständen: Kampfer, Muskatnuss, Myrobalara, Safran, Sandel u. s. w. gemischtes Wasser zu giessen, mit wasserblauer Seide den Hals des Gefässes zu umbinden, des Gefässes Mund mit Blättern des Pâridshâtaka-Baumes zu schmücken, den Haltstrick mit fünffarbigen Fäden zu befestigen, an des Priesters Herz zu greifen, das Gefäss in des Sumeru Götterpalast befindlich vorzustellen und hinter einander die dreierlei Geistesvertiefungen vorzunehmen. In der Schnecken-Schaale das Waschwasser mengend, Fels-Wachholder-Blätter streuend muss man sich die Opfer-Geräthe und den 110*
Opfer-Priester rein vorstellen, die Schnecken-Schaale in die Hand nehmend, folgende Verse hersagen: Oṁ die Gebrechen bewältigendes reines Bade-Wasser, alle Gebrechen mögen in Vorzüge verwandelt, als Amṛta-Meeres-Wogen spielen, ungereinigt bleibe nichts. Vor dem Reingewordenen verneige ich mich, zu dem Reingewordenen nehme ich meine Zuflucht. Der Krug hat die Natur der Mutter, des Kruges Mund-Schmuck ist der Wunschbaum, der Haltstrick geheime Fessel[3]). Mit dem geschmückten Krug bringe ich dem Körper der Sugata's Bade-Wasser dar. Es mögen meinen eigenen und der endlosen lebenden Wesen insgesammt Bedrängniss-Lüste gereinigt werden. Sind der Gelüste Flecken durch das Waschwasser rein geworden, mögen der Nâga, *g*Njan, Erdherren Schmerzen gereinigt

---

1) Es folgt ནྱ་རངས་ཀྱི་ཚ་ཁས་ནུའ་བསྐོ, welche Worte die mongol. Übersetzung transcribirt; ནུའ་བསྐོ ist vielleicht «verfaultes Fleisch».

2) Es folgt རྒངས་ཉམ་རྩེད, welches die mongolische Übersetzung durch ergreifen, wahrnehmende Krankheit übersetzt, womit aber nicht der Corruption abgeholfen ist.

3) ལྕ་སྐ་རྐྱང, was aus ལྕ་ག་རྐྱང corrumpirt ist, ursprünglich bedeutet es Lämmer-Strick.

werden. Oṁ nâgarâdsha a skjo gu schun to sale sangge svâhâ. Mit diesen Worten stelle man den Krug zuerst auf den eignen Scheitel, darauf auf des *g*Schen-rabs und der Schüler, der Gabenspender Scheitel und weihe sie mit dem Bade-Wasser, dann das Bade-Wasser[1]) getrunken habend, stelle man sich des Wissens Flecke als gereinigt dar. Nachdem man darauf die fünferlei Sinne und das Angesicht gewaschen, stelle man sich die Flecken der Bedrängniss als gereinigt vor. Aus dem heiligen Nâga-Hunderttausend-Abschnitt ist die durch grosse Reinigung der Gelüste-Flecken Darbringung des Bade-Wassers an den Kör-
111 per der Sugata's sowie an die Nâga's, *g*Njan's und Erdherren gezeigt.

Darauf fragte der Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo und die übrigen Nâga-Bonpo, der *g*Njan-Bonpo, der Erdherren Bonpo Stag-ral[2]), der *g*Tod-, *g*Zed- und Arznei (-Götter) Bonpo Thing-thang[3]) (diese) sieben mit Umgebung von Koti-nijult-Hunderttausend, nachdem sie Schmuck und Gewand schön gemacht, tausendmal die Umkreisung und Verneigung verrichtet, achterlei Edelstein als Opfer dargebracht, die Knie auf die Erde gesetzt, die Handflächen zusammengelegt, auf andächtige Weise hervortretend, der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo eine seltene Edelstein-Udumbara-Blüte dem Körper des Lehrers opfernd darbringend: «Zum unwandelbaren Glücke leitender *g*Schen-rabs vorzüglicher Lehrer, uns Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-, *g*Tod- und *g*Zed- und Heilgöttinnen Bonpo's Thing thang, die oben blauen[4]), am Leibe machtlosen und von geringem Glanze, an Sprache machtlosen und von schwachem Wohllaut, an Geist machtlosen und von bethörten Einsichten, in der Lehre Trompetung machtlosen und von geringem Segen, in den Pauken-Gegenständen machtlosen und von geringem Sprachvermögen, weihe durch den Schlüssel der Barmherzigkeits-Klugheit[5]) das Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten-Thore aus neunerlei Edelsteinen aufschliessend, mit den vier Weihen, mit der äusseren Weihe, der inneren Weihe, der geheimen Weihe und der Weihe des gepaarten Könnens und Wissens und dem dazwischenliegenden Segen.» Also gefragt, sprach der *g*Schen-rabs Lehrer von dem west-
111* lichen Machtsitze sich erhebend: Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo und die übrigen von den eilf Millionen-Hunderttausend umgeben, unter dem weissseidenen Baldachin auf den weissen, blauen, grünen und rothen Teppichen, den rothen Weihe-Vorhang lüftend, die Weihe-Gegenstände ergreifend, höret andächtig zu: Tödten, Stehlen, verkehrte Liebe, (diese) Körper-Sünden sind aufzugeben, Umkreisung und Verneigung beständig vorzunehmen; gross wird dann des Körpers Kraft und Majestät; wirres Gerede, harte Worte, Verläumdung, Lüge, (diese) Sünden der Rede sind aufzugeben; beständig die

---

1) Der Text hat noch མགུར་ཀྱི་གསང་རྩ་འབྱ «in des Halses Geheim-Magen», was mir unverständlich bleibt; མགུར་གསུང་ heisst «singen», passt aber auch nicht.

2) སྐྱག་མ།

3) Im Text འཕྱིད་ཐང, das die mongol. Übersetzung transcribirt; vielleicht ist das Richtige ཐང་ཐང་

4) གོང་སྨོན

5) ཐབས

die Zauberformel[1]) und der Kernspruch herzusagen, dann wird die Rede Kraft und Wohllaut erlangen, Schadensucht, Habsucht, Bosheit, diese drei Geistes-Sünden sind aufzugeben, beständig die dreierlei Geistesvertiefungen zu üben, dann wird des Geistes Kraft und Wollen Klarheit haben. Wenn man mit des Körpers, der Rede, des Geistes Reinheit auf Schneckenweiss die vortrefflichen Worte schreibt, mit Glauben und Andacht Verehrung erweist und die Ehrengabe darbringt, den Geist mit 30 Körnern weiht, mit den Segens-Gegenständen die Weihe vollzieht, ...[2]), die Augen öffnend, Zeit und Zahl wahrnehmend die Worte verkündigt, dann erwächst der gewünschte Segen. Ist durch der ununterbrochenen Weihe Segen, durch der ununterbrochenen Weihe Weihe-Gegenstände, in den Paucken- und Becken-Gegenständen die Weihe vollzogen, dann wird gross die Kraft der Stimme. Durch den Segen der Barmherzigkeit, durch den Schlüssel des Könnens und des Wissens öffne das Thor des Eigenheits-Maṇḍala, das Thor des Vertiefungs-Maṇḍala, das Thor des Maṇḍala der concreten Gegenstände, mit den neun Kostbarkeiten das Thor, verrichte das Bad, 112
erbaue das Gemüth und vollziehe die äussere Weihe des Kruges, so wirst du Macht haben über die sechs äussern Objecte[3]). Hast du die fünf Arzneien, fünf Körner, fünf Herzen, die weissen, die süssen (Gegenstände) und die Seide, die Weih-Mitra, das Weih-Gewand, die Weih-Schuhe und Weih-Gegenstände durch die Mudrâ's geweiht, so wirst du Macht erlangen im Gemüth, über die inneren Säfte. Durch Hersagung des Zorns, der Kernsprüche und Garuḍa-Töne die geheime Weihe verrichtend, erlangst du Macht des Genusses. Die Anweisung des unerfasslichen Götterwillens lehrend, ohne Leidenschaft und ohne Gelüste die Weihe vollziehend, wirst du die Macht des gepaarten Könnens und Wissens erlangen. Wie durch des Könnens und Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten östliches kostbares Gold-Thor geöffnet habend, der König der Nâga-Vaiçja's eine Utpala-Blume und ein Corallenstrahlendes Diadem nehmend, von dem früher aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo geweiht, nach Läuterung der Fleck-Beschwerden in dem Bereich der sechs Begriffs-Götter vollendet wurde, möge auch dieser heutige Gabenspender die Macht der Vollendung in den sechs Stätten der sechs Wahrheiten erlangen. Wie durch des Könnens und Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten südliche Türkis-Thor geöffnet habend der König der Nâga-Çûdra's eine kostbare Padma-Blume nehmend, von dem aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo geweiht, des Könnens und Wissens gepaarte Stätte, die äussere Weihe erlangt, möge auch der heu- 112*
tige Gabenspender die Macht des gepaarten Könnens und Wissens erlangen. Wie durch des Könnens und des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten westliches Kupfer-Thor geöffnet habend, der König der Nâga-Brahmanen, eine Hala-Blume und ein rothes neun-

---

1) ཨཱཿཧཱུྃ

2) Im Text མཎྜལའི་དབུལ་བ, wofür die mongol. Übersetzung «durch das Maṇḍala» übersetzt.

3) ཡུལ

spitziges Rubin-Diadem nehmend, bei dem aus einem Nâga Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo an Körper, Rede, Geist geweiht, von den Gebrechen der drei Gifte gereinigt, göttlichen Leib, Rede und Geist erzeuget, möge auch dieser heutigen Gabenspender an Körper, Rede und Geist geweiht, von den Gebrechen der drei Gifte gereinigt die Macht gottlichen Leib, Rede und Geist zu erzeugen erlangen; auch die äussere Macht des gepaarten Könnens und Wissens erlangen. Wie durch des Könnens und des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nördliches smaragd-grünes Thor geöffnet habend die die Nâga-Tshâṇḍala's, ein vierspitziges smaragd-grünes Diadem und eine Gift-Dorn-Blume haltend von dem aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo eine die vier Dvipa's überragende Macht erlangt haben, möge auch heute dieser Gabenspender eine die vier Dvipa's überragende Macht erlangen. Wie durch des Könnens und des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nordöstliches Kupfer-Thor geöffnet habend der Nâga-Upâsaka Nanda mit einem kostbaren rothgrünen achtspitzigem Diadem und einer scheckigen Schlangenfessel bei dem früher aus einem Nâga Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo
113 geweiht, nachdem er die acht Thore der Ursache- und Folge-Gesetze kennen gelernt, in den acht Weisheiten der Zwischengegenden vollendet wurde, möge auch heute dieser Gabenspender eine aus den acht Wissen erzeugte Macht erlangen. Wie durch des Könnens und des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten südöstliches goldnes Thor eröffnend habend der Nâga-König Ananta mit dem fünfspitzigen Diadem von fünferlei Edelsteinen und eine Schleuder[1]) von schwarzen Fröschen haltend bei dem aus einem Nâga Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njinpo geweiht, von den fünf Schmerzen befreit in den fünf Tugenden vollendet wurde, möge heute auch dieser Gabenspender, nachdem er die fünf Übel aufgegeben, Macht über die fünf Wissensarten erlangen, die äussere Weihe des gepaarten Könnens und Wissens erhalten. Wie mit des Könnens und des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten südöstliches Karneol[2])-Thor öffnend der Nâga-König der schwarze Oṁra mit dem Corallenstrahlenden sechsspitzigen Diadem und den Amṛta-Schlauch haltend bei dem aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo geweiht, nachdem die Flecken-Beschwerden geläutert, die sechs Begriffs-Götter erkannt hat, möge auch heute dieser Gabenspender der sechs Wahrheits-Stätten theilhaft werden und die äussere Weihe des gepaarten Könnens und Wissens erlangen. Wie mit des Könnens und
113* des Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nordwestliches köstliches rothgrünes Thor geöffnet habend der Nâga-König Tshûḍâratna mit dem rothgrünen siebenspitzigen Diadem, einen goldnen Fisch und einen Türkis-Fisch haltend, bei dem früher aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo geweiht, Majestät und Schutzherrschaft erlangte, so möge auch heute dieser Gabenspender die durch 70 Majestäten und

---

1) རྒྱང་རྡོ།

2) མཆོད།

und Schutzherren geschirmte Weihe erhalten. Wie durch des Könnens und Wissens Schlüssel des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten mittleres kostbares schneckenweisses Thor geöffnet habend der Nâga-König der Kshatrija's der weissstrahlende Çañkhapâla mit dem Tshintâmaṇi-kostbaren Juwel und eine Udumbara haltend früher bei dem aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen *s*njingpo geweiht, nachdem er den Weg der neun Vehikel zurückgelegt, den Weg der neun Vehikel vollendend, die Stufe der neun Buchstaben-Tshakra's bewältigte, so möge auch heute dieser Gabenspender die Weihe des neunspitzigen Tshintâmaṇi-Diadems erhalten. Die Schlange mit geheiltem Schädel, der Beruhigungs-Gerte [1]) furchterregender Schmuck, den mit tausend schwarzen Schlangen verzierten Schmuck habend, um den Körper darzubringen wie des Körpers Stelle gewunden, die fünf Gifte nicht aufgebend der Natur Mittel lehrend, die Beschwichtigungs-Gerte umwickelt, in schrecklicher Weise [2]) durch des Zaubers Gewalt die Nâga's sammelnd, damit grosse Macht zur Bändigung der Verblendung erlangt werde, durch die Weihe der tausend schwarzen Schlangen-Umgebung, nach Läuterung der von schrecklichem Zorn flammenden 114
Stelle werde die Weihe des der Mittel Kundigen gegerbten Schlauches [3]) erlangt.

Darauf sprach der Lehrer *g*Schen-rab*s*: «Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo und die übrigen, der heute die Veranlassung gebende Gabenspender möge selbst und die lebenden Wesen an endloser Gestalt durch der fünf Anhäufungen: Wahrnehmung, Vorstellung, Begreifen, Wissen, Weihe gänzlich geläutert allerhöchste Buddhaschaft erlangen, durch die Weihe der sechs Sinne: des Auges, des Ohres, der Nase, der Zunge, des Körpers und des Geistes gänzlich reine Weihe erhalten habend die allerhöchste Buddhaschaft erlangen» u. s. w.

Darauf fragte der aus einem Nâga Bonpo gewordene Je *g*Schen *s*njingpo den *g*Schen- 116*
rab*s*: «O Lehrer, wir Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed mit einer Umgebung von eilf Millionen-Hunderttausend und die lebenden Wesen endloser Gestalt als veranlassende Gabenspender werden wir, nachdem wir die gänzlich reine Weihe erlangt, zur Zeit, da wir die allerhöchste Buddhaschaft erlangen, in der Elemente äussern Gegenständen, in der Sinne inneren Säften, in dem geheimen Einsichts-Geiste die Weihe vollziehen?

Also gefragt, sprach der vorzüglichen Wissens mächtige Lehrer also: «Dass ihr ge- 117
fragt habt, ist gut, ist gut; höret unbeirrten Sinnes standhaft zu: Die Menschen sehr reinen Geistes seit früheren Existenzen geläutert, in der Weihe und den Ceremonien vollendet, nachdem sie des Guru Âtshârja Weihe erhalten, zum Nutzen der lebenden Wesen sich anstrengen, und weil sie ein barmherziges Gemüth besitzen, nachdem sie einen unermüdlichen [4]) Glauben erzeugt haben, wenn sie in Werken des Körpers Umkreisung und

1) གཉེན་སྐྱུག

2) གཉེན་སྐྱུག་འཁྲིལ་ལྷེམ་དུ་ཐོབ་ཀྱི་ལམ

3) ཐབས་མཁས་རྒྱལ་བ་མཁྱེན་བའི་དབང

4) སྐྱོ་དལ་མེད་པ

Verneigung verrichtet, in Werken der Rede das heilige Nâga-Hunderttausend verkündet, in Werken des Geistes Vertiefung geübt, sind die drei weissen, die drei süssen Gegenstände, die fünf Körner, die Herzen, Edelstein-Arznei- und Wunsch-Gegenstände als Gaben auszubreiten; nachdem sie also handelnd die gänzlich reine Weihe erhalten haben, werden sie zur Zeit der allerhöchsten Buddhaschaft, die Feinde und Hindernisse der Vollziehung der äussern Werke in ihre Gewalt bekommend, in dem äusseren Gefässe der Elemente die Weihe vollziehen, die aus innerer Bedrängniss entstandenen fünf Übel in ihre Gewalt bekommend, in dem inneren Saft der Sinne die Weihe vollziehen; das Geheime aus der Verblendung entstandene in ihre Gewalt bekommend in dem geheimen Einsichts-Geiste die Weihe vollziehen. Deshalb, aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo müssen die lebenden Wesen endloser Gestalt, in des Schutzgottes[1]) und des Opferpriesters[2]) Gewalt befestigt, den guten Werken des Körpers, der Rede und des Geistes hingegeben mit
117* der Gestalt die drei weissen Gegenstände, die fünf Körner, Räucherwerk, kostbare Arznei und Wunsch-Gegenstände, Gegenstände des Genusses als Gabe ausbreiten. Haben sie nach gänzlicher Reinigung der fünf Anhäufungen der Gestalt, der Wahrnehmung u. s. w. die Weihe des vollendetsten Genusses erhalten, so werden sie allerhöchste Buddha's werden. Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, die lebenden Wesen endloser Gestalt müssen, in der Gewalt des Schutzgottes und des Opferpriesters befestigt, Körper, Rede, Geist anstrengend mit den sechs Sinnen, Auge, Ohr u. s. w., mit den sechs Sinnes-Objecten, Gestalt, Laut u. s. w., mit den sechs Erkenntnissen, der Erkenntniss des Auges u. s. w., mit den sechs vermittelten Wahrnehmungen durch das Auge u. s. w., mit den sechs Grundelementen dem Munde u. s. w., mit den sechs inneren Grundlagen der Unwissenheit u. s. w., mit den sechs äusseren Grundlagen dem Fühlen u. s. w., mit den siebenerlei Ursachen und Folgen des Kreislaufs, der hervorbringenden Ursache u. s. w., mit des Kreislaufs-Gesetzen-Diadem weissen Gegenständen die fünf Körner, Räucherwerk, kostbare Arznei und Wunsch-Gegenstände, Gegenstände des Genusses als Gabe ausbreiten. Haben sie nach gänzlicher Reinigung der Kreislaufs-Gesetze die Weihe des vollendetsten Genusses erhalten, so werden sie allerhöchste Buddha's werden.

118 Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, die lebenden Wesen endloser Gestalt werden, nachdem sie die gänzlich reine Weihe der Vollkommenheit des Gebens erlangt haben, die Weihe in den äussern Gebieten der Elemente, in dem innern Safte der Sinne, in dem geheimen Einsichts-Sinn vollziehen. Haben sie in der Vollkommenheit des Gebens die drei Weihen vollzogen, so werden sie allerhöchste Buddha's. Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, die lebenden Wesen endloser Gestalt werden ebenso, nachem sie in der Vollkommenheit der Sittlichkeit u. s. w.

---

1) ཡི་དམ་གྱུ | 2) དབོན་གསས

Aus dem heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's der eilfte Abschnitt: 118*
les Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten das Bad, die Erlernung, Thor-Öffnung und Weihe.

Aus dem köstlichen zauberisch-wahrhaften Hakenkreuz-Mahâjâna-Sûtra der Bonpo's, dem heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's wird das mit andächtigem Körper, Rede- und Geistes-Verneigung verknüpfte Sündenbekenntniss, das eigne und das der lebenden Wesen von endloser Gestalt vor den Sugata's der drei Zeiten, den Nâga's, *g*Njan's und Erdherren nebst Umgebung gelehrt.

Zu dem aus dem unsichtbaren Raume verkörperten Lehrer *g*Schen-rab*s* voller Barmherzigkeit, dem mit 61 Wissens-Weisheiten und 37 trefflichen Tugenden ausgestatteten, den Sugata's der drei Zeiten, nehme ich mit andächtiger Verneigung meine Zuflucht; zu dem aus den Nâga's Bonpo gewordenen Je *g*Schen-snjingpo nehme ich mit andächtiger Verneigung meine Zuflucht; zu dem Nâga-Bonpo dem Sohne des Sommer-*g*Njan nehme ich mit andächtiger Verneigung meine Zuflucht; zu dem *g*Njan-Bonpo Thang thang khrolpa[1]) nehme ich mit andächtiger Verneigung meine Zuflucht; zu dem Erdherrn Bonpo Khristag 119
ral mi po che[2]) nehme ich mit andächtiger Verneigung meine Zuflucht; zu dem Heilgott-Bonpo Brang thang gong sngan[3]) nehme ich u. s. w., zu dem *g*Zed-Bonpo Lan ts'a khugpa[4]) nehme ich u. s. w., zu den Einöde-Göttinnen Bonpo Bati khugpa[5]) nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla von einer Schaar von hunderttausend weissen (Nâga's) umgeben nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-Vaiçja dem gelbstrahlenden Karkoṭa mit einer Umgebung von hunderttausend gelben nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-Çûdra dem blauflammenden Vâsuki mit einer Umgebung von hunderttausend blauen nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-Brahman mit rother langer Flechte Hala mit einer Umgebung von hunderttausend rothen nehme ich u. s. w., zu dem schwarzen Nâga-Tshâṇḍala dem einbeinigen Graha mit einer Umbebung von hunderttausend schwarzen nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-König Nanda nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-König Takshaka nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-König Ananta u. s. w., zu dem Nâga-König Manasvin u. s. w., zu dem Nâga-König Anavatapta u. s. w., zu dem Nâga-König Içâna[6]) u. s. w., zu dem Nâga-König Çrînumi[7]) u. s. w., zu dem Nâga-König dem schwarzen Oṁ ra nehme ich u. s. w., zu dem Nâga-König Tshûḍâratna u. s. w., zu dem in der Mitte befindlichen Nâga-Kshatrija u. s. w., zu dem im Osten, im Süden, im Westen, im Norden befindlichen Nâga-Kshatrija u. s. w.; ebenso zu dem in der Mitte, im Osten, im Süden, im Westen, im Nor-

1) ཐང་ཐང་སྐྲོལ་པ་
2) ཁྲི་སྐུག་རབ་མི་པོ་ཆེ་
3) འཐང་ཐང་གོང་སྔན་
4) ལའུ་ཚ་ཁུག་པ་
5) བཏི་ཁུག་པ་
6) དབང་ལྡན་
7) སྲུབ་དཔལ་

den befindlichen Nâga-Vaiçja u. s. w.; ebenso zu den in den vier Weltgegenden und in der Mitte befindlichen fünf Nâga-Çûdra's u. s. w., zu den in den vier Weltgegenden und in der
120 Mitte befindlichen Nâga-Brahmanen u. s. w., zu den in den vier Weltgegenden und in der Mitte befindlichen fünf Nâga-Tshaṇḍala's u. s. w., zu dem östlichen Nâga-König mit fünfspitzigem Diadem u. s. w., zu dem in der Mitte befindlichen Nâga-König mit dem kostbaren Schnecken-Diadem u. s. w., zu dem im Osten befindlichen Nâga-König mit goldenem Diadem u. s. w., zu dem südlichen Nâga-König mit Türkis-Diadem u. s. w., zu dem westlichen Nâga-König mit eisernem Diadem u. s. w., zu dem nördlichen Nâga-König mit Bronze-Diadem u. s. w., zu dem südlichen Nâga-König Schwarz-Schlange [1]) u. s. w., zu dem in der Mitte befindlichen Nâga-(König) mit Menschenkörper und einem Schlangenkopf u. s. w., zu dem östlichen Nâga mit Menschenkörper und zwei Schlangenköpfen, zu dem südlichen Nâga mit Menschenkörper und drei Schlangenköpfen, zu dem westlichen Nâga mit Menschenkörper und vier Schlangenköpfen u. s. w., zu dem nördlichen Nâga mit Menschenkörper und fünf Schlangenköpfen u. s. w., zu dem Nâga mit giftigem Blick [2]) u. s. w., zu dem westlichen in den vier Welt-Gewässern wohnenden Nâga-König u. s. w., zu dem Nâga-König mit Menschenkörper und Pferdekopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Menschenkörper und Ochsenkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Menschenkörper und Pfauenkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Menschenkörper und Löwenkopf u. s. w., zu dem nördlichen Nâga-König mit geborstenem Ochsenkopf u. s. w., zu dem nördlichen Nâga-König mit dem Hirschkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Elenkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Alligatorkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Fischkopf u. s. w., zu dem Nâga-König mit Entenkopf u. s. w., zu dem Naga-König dem bösen Mahâbala u. s. w.; zu dem östlichen Nâga dem schneckenweissen Elephant u. s. w., zu dem südlichen Nâga dem
120* Türkis-Blumen-Elephant u. s. w., zu dem westlichen Nâga dem kupferrothen Elephant u. s. w., zu dem nördlichen Nâga dem goldgelben Elephant u. s. w., zu dem Himmels-Nâga Ganzausgebreitet [3]) u. s. w., zu dem Erd-Nâga All-Wohner [4]) u. s. w., zu dem das Welt-Tausend [5]) schützenden Nâga u. s. w.; zu dem westlichen kupferrothen Vogel-Nâga u. s. w., zu dem nördlichen goldgelben Vogel-Nâga u. s. w., zu dem östlichen krystallhellen Vogel-Nâga u. s. w., zu dem südlichen türkisblauen Vogel-Nâga u. s. w., zu dem Nâga Vaiçja Pûrṇa [6]) u. s. w.; zu dem östlichen weissen Nâga Çaṅkhapâla u. s. w., zu dem südlichen Viromati [7]) u. s. w., zu dem westlichen Virohati [8]) u. s. w., zu dem lahmen Nâga u. s. w., zu dem blinden Nâga u. s. w., zu dem alten Nâga und der alten Nâgî, zu dem

---

1) སྒྲོག་ནག་པོ།
2) མཐོང་བ་དྲུག་ཅན།
3) ཡེ་གདུབ
4) ཀུན་གཞས
5) ཞིང་ལས་སྟོང་ཐུང
6) གང་བཅོས།
7) ཐུ་མོམ་ཏི
8) ཐུ་མོ་རྟ་ཏི

Nâga-Jüngling, zu dem Nâga-Mönch [1]) und zur Nâga-Nonne, zu dem Nâga-Upâsaka, zu diesen nehme ich u. s. w.; zu dem Nâga mit Menschenkörper und Tigerkopf u. s. w., zu 121
dem Nâga mit Menschenkörper und Mäusekopf u. s. w., zu dem Nâga mit Mencchenkörper und Eidechsenkopf u. s. w., zu dem Nâga mit Menschenkörper und Spinnenkopf u. s. w., zu dem Nâga mit Menschenkörper und Krebskopf [2]) u. s. w., zu dem Nâga mit Menschenkörper und Scorpionkopf u. s. w., zu dem Nâga mit Menschenkörper und Hundekopf u. s. w.; zu dem Nâga-Tshakravartin u. s. w., zu den vier Nâga-Geschlechtern u. s. w., zu den vier Nâga-Kshatrija-Kasten u. s. w., zu den vier Nâga-Vaiçja-Kasten u. s. w., zu den vier Nâga-Çûdra-Kasten u. s. w., zu dem weissen Schutzherrn [3])-Nâga u. s. w., zu dem Himmels-Nâga Donnerkeil [4]) u. s. w., zu dem Erd-Nâga Arbuda [5]) u. s. w.; zu dem Nâga-Kshatrija mit Menschenkörper und Pferdekopf u. s. w., zu dem Nâga-Vaiçja mit Menschenkörper und Gänsekopf u. s. w., zu dem Nâga-Çûdra mit Menschenkörper und Ochsenkopf 122
u. s. w., zu dem Nâga-Brahman mit Menschenkörper und Mäusekopf u. s. w., zu dem Nâga-Tshâṇḍala dem schwarzen vielarmigen Graha mit Menschenkörper und Eidechsenkopf u. s. w., zu dem mit Bronze-Dorn Versehenen u. s. w., zu dem mit Spinnengliedern Versehenen u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Sarvasama [6]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Advaja [7]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Pariçubha [8]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Çubha [9]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Svastiçubha [10]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Kaljâṇa [11]) u. s. w., zu dem Nâga-Bodhisattva Parinâjaka [12]) u. s. w., zu dem Bodhisattva . . . . . [13]) u. s. w., zu dem Nâga-König Nanda u. s. w., zu dem Nâga-König 122*
Pariçubha [14]), vor dem Nâga-König Tschakra-mudrita [15]) verneige ich mich, vor dem Nâga-König Brahma verneige ich mich, vor dem Nâga-König Indra u. s. w., vor dem Nâga-König Çuddha [16]) u. s. w., vor dem Nâga-König Mahâçuddha [17]), vor dem Nâga-König Ar-

---

1) ཀླུའི་བསྙེན་པར་བཟུང་མ།

2) ཁ་བཅུད་མགོ་ཅན།

3) མགོན་ཀླུ་དཀར

4) སྦྲག་པ

5) མེར་ fehlt im Mongol.; im Wörterbuche Mahâvjutpatti Bl. 101 findet sich ཁཅུད་ durch མེར་མེར་ wiedergegeben.

6) ཀུན་སྙོམས

7) གཉིས་མེད

8) ཡོངས་སུ་དག་པ

9) དག་པ

10) གཡུང་དྲུང་དག་པ

11) དག་པ (fehlt im Mongol.).

12) ཡོངས་སུ་རྣེབ་པ

13) བོདྷི་སཏྭ་ཁྲ་ཤིས་པ

14) ཡོངས་སུ་དག་པ

15) འཁོར་ལོ་ཕྱག་རྒྱ་འཇེགས

16) དག་པ

17) དག་ཆེན་ oder དག་ཆེན

ṇava[1]), vor dem Nâga-König Adîna[2]), vor dem Nâga-König Sâgara[3]), vor dem Nâga-König am östlichen weissen, vor dem Nâga-König Manodshñaçuddha[4]), vor dem Nâga-König Upananda[5]), vor dem Nâga-König Makara[6]), vor dem Nâga-König Wasser-Gott u. s. w., vor dem Nâga-König Potaka u. s. w., vor dem Nâga-König Shadangulika u. s. w., vor dem Nâga-König Hṛdaja[7]), vor dem Nâga-König Içâna[8]), vor dem Nâga-König Çûgriva (?)[9]), vor dem Nâga-König Çrîbala[10]), vor dem Nâga-König Dshalabala[11]), vor dem Nâga-König Abdsha[12]), vor dem Nâga-König Kuṭhâra[13]), vor dem Nâga-König Dshaja[14]), vor dem Nâga-König Subhadra[15]), vor dem Nâga-König Merurûpa[16]), vor dem Nâga-König
123 Sûrjaprabha[17]), vor dem Nâga-König Tshandraprabha[18]), vor dem Nâga Suprija[19]) u. s. w., vor dem Nâga Bâkâra[20]) u. s. w., vor dem Nâga Meghanâda[21]) u. s. w., vor dem Nâga Varshaṇa[22]), vor dem Nâga Vimala[23]) u. s. w., vor dem Nâga Mahâbala u. s. w., vor dem Nâga Mundshavant[24]), vor dem Nâga Mṛgaçîrsha[25]) u. s. w., vor dem Nâga Elâpatra u. s. w., vor dem Nâga Mudrâsvarottara[26]) u. s. w.; vor dem aus dem die Finsterniss erhellenden Licht geschaffenen *g*Njan mit flammendem Schneckenkopf und Türkisschopf mit seiner Schaar verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Ratnaketa mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Tshitradravi[27]) mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König.....[28]) mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König mit

---

1) གཏོར་ཆེན།
2) མི་ཟློག་པ།
3) རྒྱ་མཚོ།
4) ཡིད་ཧོང་དག་པ།
5) ཉེ་བར་དགའ།
6) ཆུ་སྲིན།
7) སྙིང་པ།
8) དབང་ལྡན།
9) དཔལ་འབྱིན།
10) དཔལ་སྟོབས།
11) ཆུ་སྟོབས།
12) ཆུ་ཤིས།
13) སྐུ་མེ
14) རྒྱལ་བ།
15) ལེགས་བཟང
16) རི་རབ་ཀྱི་གཟུགས།
17) ཉི་འོད།
18) ཟླ་འོད།
19) བཟང་སྦྱིན།
20) རབ
21) འབྲུག་སྒྲོགས།
22) ཆར་འཛིགས།
23) རྒྱས།
24) ལྷུད་ཀྱི་ཅོད།
25) རི་དགས་ཀྱི་མགོ་ཡི་ཅོད།
26) ཕྱག་རྒྱ་སྐྱེ་མཆོག
27) ཁ་ཡི་རྡུལ་སྐྱོགས།
28) འཇོམ་དཔུང oder ཕྱམ (nach der mongol. Transcription).

Schneckenkörper und -Kopf verneige ich mich; vor dem *g*Njan-Vaicja Gong sngon[1]) mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König .....[2]) mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König .....[3]) mit Umgebung verneige ich mich; vor den 53 Brüdern mit den 15 Schaaren verneige ich mich; vor den 53 Schwestern mit den 15 Schaaren verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König dem schwarzen Garuḍa mit langer Flechte verneige 123*
ich mich; vor dem *g*Njan-König dem schwarzen Vogel mit geschlossenem Schnabel sammt Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Acht-Sinn[4]) mit Umgebung verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Tshatushkoṇa[5]) verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Pañtshaçikha[6]) verneige ich mich; vor dem *g*Njan-König Navaçikha verneige ich mich; vor vor dem Alt-Butter-Schuh[7]) verneige ich mich; vor dem *g*Njan Alt-Stein-Reihe[8]) verneige ich mich; vor den vier *g*Njan-Dienern[9]) verneige ich mich; vor dem *g*Njan Gross-Ruferstarken-Sieger[10]), vor dem *g*Njan Thog thog Gelbauge[11]) verneige ich mich; vor dem *g*Njan Khri[12]), vor dem *g*Njan Beredsamkeit-Sieger[13]), vor dem *g*Njan .....[14]), vor dem *g*Njan .....[15]), vor dem *g*Njan Keruratna verneige ich mich; vor dem *g*Njan Khri-rdshe dem Lebenszerschneider verneige ich mich; vor dem im Norden befindlichen Wind-*g*Njan verneige ich mich; vor dem im Westen befindlichen Wasser-*g*Njan u. s. w., vor dem im Süden befindlichen Feuer-*g*Njan u. s. w., vor dem im Osten befindlichen Baum-*g*Njan u. s. w., vor dem im Osten befindlichen Sonnen-*g*Njan, Mond-*g*Njan, Regenbogen-*g*Njan verneige ich mich; vor dem die drei Tausend umfassenden *g*Njan verneige ich mich; vor dem weissen Himmels-*g*Njan verneige ich mich; vor dem gelben Erd-*g*Njan verneige ich mich; vor dem 124
Felsen-*g*Njan Kies[16]) verneige ich mich; vor dem Erd-*g*Njan Grosse Leere[17]) verneige ich mich; vor dem Wasser-*g*Njan Arbuda[18]) verneige ich mich; vor dem Eis-*g*Njan, dem Schiefer-*g*Njan[19]), dem Fels-*g*Njan, dem Wald-*g*Njan, dem Wasser-*g*Njan verneige ich mich; vor

---

1) གོང་སྔོན། oben blau.
2) ཨ་འདེད་དེ།
3) འབྲུག་རྒྱལ་སྐྱེས་གཅིག
4) དབང་བརྒྱད
5) ཀུན་བཞི
6) རྩེ་ལྔ
7) མར་སྐྱིད་ལྷམ
8) རྡོ་སྐྱིང་རེའུ
9) གཉན་ཕྱི་འབངས་བཞི
10) གཉན་གྲགས་ཆེན་དངར་རྒྱལ
11) སྐག་སྐག་སེར་སྐྱེ
12) ཁྲི་འཕྲུལ་སྐས་སྐྱོབ
13) ཁ་སྐྱང་རྒྱལ་བ
14) ཡ་ཚ་སྐོག་འཕེབས
15) ཤྲི་རིང་ཁྲག
16) ཐོག་གཉན་ཁག
17) སྐྱོང་ཆེན
18) མེ་རུ, welches die mongol. Übersetzung mit melmegher leises Kräuseln des Wassers wiedergiebt.
19) གཡའ་གཉན

den 4 Schaaren der grossen *g*Njan verneige ich mich; vor dem östlichen weissen *g*Njan verneige ich mich; vor dem südlichen blauen *g*Njan verneige ich mich; vor dem westlichen rothen *g*Njan verneige ich mich; vor dem nördlichen grünen *g*Njan verneige ich mich; vor den vier Ministern der Erdherren verneige ich mich; vor den Erdherren mit wilder Nase und Schweif [1]) verneige ich mich; vor dem Erdherrn Langarm [2]) verneige ich mich; vor dem Erdherrn-König mit rtsang-rtsang-Umgebung [3]) verneige ich mich; vor der Erdherrn-Königin der Götter Sthâvarâ verneige ich mich; vor dem Erdherrn . . . . . [4]) verneige ich mich; vor dem Erdherrn. . . . . [5]) (Gold-Schildkröte) verneige ich mich; vor dem Erdherrn dem südlichen Gott Thise [6]) verneige ich mich; vor der Erdherrn-Königin . . . . . [7]) Kurzpfeil verneige ich mich; vor dem Erdherrn-Minister . . . . . [8]) verneige ich mich; vor dem Erdherrn Hala . . . . . [9]) verneige ich mich; vor dem Erdherrn Himmel-Sitz-fest [10]) ver-
124* neige ich mich; vor allen drei tausend Erdherren verneige ich mich; vor den Erdherren mit stofflosem Körper und nach den vier Weltgegenden ausgestreckten Armen verneige ich mich; vor den das grosse Tausend umfassenden Erdherren verneige ich mich; vor dem östlichen Erdherrn . . . . . [11]) dem weisslichen Tiger verneige ich mich; vor dem südlichen Erdherrn dem Türkis-blauen Drachen verneige ich mich; vor dem westlichen Erdherrn dem schwarzen Stier verneige ich mich; vor dem nördlichen Erdherrn dem rothen Vogel verneige ich mich; vor den schwarzen Nâga-Unholden verneige ich mich; vor den rothen Nâga-Unholden verneige ich mich; vor den weissen Nâga-Heilgöttern verneige ich mich; vor den scheckigen Nâga-Râkshasa's verneige ich mich; vor dem *g*Zed-Könige verneige ich mich; vor dem *g*Tod-Könige verneige ich mich. Zu den von den vier Haupt- und acht Nebengegenden von oben und unten werkthuenden der Nâga's, *g*Njan's und Erdherren, zu den von des Himmels Bergen, der Erde Felsen, von Himmel und Erde, von oben und unten in Gräsern, Bäumen, Wäldern, Hainen, Felsen-Löchern . . . . . [12]) befindlichen Nâga's, *g*Njan's nebst Umgebung nehme ich mich andächtig verneigend meine Zuflucht.

Darauf sprach der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo zu *g*Schenrabs also: «Des vorzüglichen Wissens mächtiger Lehrer *g*Schen rabs, von der Dreiwelt

---

1) སྐྱོ་ཞོད་མཛུག
2) འཕག་ཆེན
3) རྩང་རྩང
4) ཅང་ཀུན་བྱེ་བོ
5) གཞེར་ཐུ་རུ་སྤུའུ
6) ཐི་སེ
7) བཙན་མོ་ཤེལ་ཐོ་ཕྲུང
8) ཅོང་གཏུ
9) རྟ་འཕྲོ་རྣག་པོ
10) གནམ་ཁྲི་བརྟན
11) སྐྱག་སྐྱ
12) Hierauf folgt im Text རྒག་རོག་ནེ་གཞེང་ཀངཀོ་རུ་ཚ་ཤ་མི་འཇོག་ལ་གནས་པའི་བྱ

Spitze bis zur Hölle der lebenden Wesen, welche der Erde Staub gleich zahlreich von Nothleiden und Schmerzen und Krankheiten ergriffen sind, aus dem unsichtbaren Raum hervorgekommener erbarmungsreicher Lehrer *g*Schen-rabs, werden des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten Erdherren, Nâga's, *g*Njan's nebst Gefolge nachdem sie mit andachtsvollem Körper, Rede, Geist sich verneigt haben, von Krankheiten und Schmerzen geläutert die Befreiung erlangen?»

Also gefragt sprach der Lehrer: O Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, es verhält sich also: Wenn sie sich mit unbeirrtem Glauben verneigen, werden sicherlich Krankheiten und Schmerzen geläutert werden; wünschen sie die allerhöchste Befreiung zu erlangen, so werden die sechs Arten lebender Wesen, welche eines andächtigen Glaubens theilhaft sind, wenn sie mit gänzlich reinem Gemüth im Angesicht des zu unwandelbarer Seligkeit geleitenden mächtigen Herrn vorzüglicher Weisheit, in Gegenwart der Gebeine-Reliquien und der Lehre eingegrabenen oder geschriebenen Schrift-Denkmäler sämmtliche von ihnen begangene sündhafte Thaten bekannt und geopfert habe, sicherlich die allerhöchste Befreiung erlangen.

Darauf sprach der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo und die übrigen Nâga's, *g*Njan's, Erdherren mit einer Umgebung von Koṭi-nijuta-Hunderttausend und 125*
die lebenden Wesen endloser Gestalt vor den Augen des vorzüglicher Weisheit mächtigen Lehrers *g*Schen-rabs und vor dem Opferdenkmal[1]) das Knie auf die Erde setzend, die Handflächen zusammenlegend und auf andächtige Weise hervortretend also: Der Nâga-Bonpo, *g*Njan-Bonpo, Erdherren-, *g*Tod- und *g*Zed-Bonpo und die lebenden Wesen endloser Gestalt bekennen und beichten die früher mit dem Körper begangenen Sünden: Todtschlag, Diebstahl, verkehrte Liebe[2]), bekennen und beichten die früher mit der Rede begangenen Sünden: verwirrte Rede, harte Worte, Lüge, Verläumdung; bekennen und beichten die früher mit dem Geiste begangenen Sünden: Bosheit, Habsucht, verkehrte Ansichten, vorzüglich Wucher. Du, geruhe barmherzig zu reinigen.

Der *g*Njan mit flammendem Schneckenkopf und Türkisschopf und die übrigen vielen *g*Njan-Bereiche bekennen und beichten, dass sie viele Truggestalten dem *g*Schen-rabs gezeigt, Haar-Pfeil, Gift-Wasser-Wolkenansammlung, Hagel- und Schnee-Ströme herabgesandt, Finsterniss und schwarze Dunkelheit hervorgebracht, böse von den Gedanken unerfassliche Töne ausgestossen, dass sie die Lehre gelästert und *g*Njan- und *g*Zed-Krankheit 126
entsendet haben.

Die Erdgebieterin die goldfarbene Sthâvarâ mit dem goldenen Kruge und die übrigen zahlreichen Erdherren-Schaaren bekennen und beichten, dass sie die dem Amṛta-Ström gleichen zauberisch wahrhaften Heilsgesetze geschmäht und ihr ungeläutertes nicht durch Anstrengungen vollendetes Wissen; sie bekennen und beichten, dass sie auch *g*Schen-rabs

1) གཙོད་བཟི་རྟེན། 2) འདོད་ལོག་གཡེམ།

sammt Umgebung Finsterniss, Wirbelwind, Stein-, Baum-, Dornen-, Hagel-, Gift-Wasser-, Haar-Pfeil-Regen und Frosch-Schlangen-Unwetter gesandt haben.

Der Nâga-Kshatrija mit weissem Lichte, Çaṅkhapâla und die übrigen vielen Nâga-Kshatrija's bekennen und beichten, dass sie die dem Worte des Lehrers und dem weissen Nâga-Hunderttausend mit andächtigem Glauben Ergebenen und die Lehre gelästert haben; sie bekennen und beichten, dass sie des Herrn zahlreiche *g*Schen-Schaaren mit Schlangen-Fangschlingen gebunden und lebende Wesen gefesselt und auf das Haupt des *g*Schen-rabs geworfen haben.

126* Der Nâga-Vaiçja der gelbstrahlende Karkoṭa und die übrigen zahlreichen Nâga-Vaiçja's bekennen und beichten, dass sie Frosch-Schleuder nehmend dieselbe auf alle lebenden Wesen und auf *g*Schen-rabs Körper geworfen haben.

Der Nâga-Çûdra der blauflammende Vâsuki und alle Nâga-Çûdra's bekennen und beichten, dass sie giftiges Krankheit-Wasser nehmend dasselbe auf alle lebenden Wesen und auf des *g*Schen-rabs Umgebung gesprützt haben.

Der Nâga-Brahman mit rother langer Flechte Hala und die übrigen zahlreichen Nâga-Brahmanen bekennen und beichten, dass sie mit blaurothem gewundenen Strick die lebenden Wesen und die *g*Schen-rabs Schaar gebunden haben.

Der schwarze Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha und die übrigen zahlreichen Nâga-Tshâṇḍala's bekennen und beichten, dass sie böse Haar-Pfeile, Wasser-Blasen weisse und schwarze nehmend, des *g*Schen-rabs Schaar und die lebenden Wesen wie mit Dornen gestochen haben.

Also bekenne ich und die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die lebenden
127 Wesen endloser Gestalt, dass wir früher Zorn und Bosheit gehegt haben.

Durch deine Barmherzigkeit mit vorzüglicher Weisheit Begabter geruhe die sündhaften Handlungen zu reinigen.

Darauf fragte der aus den Nâga's Bonpo gewordene Je *g*Schen snjingpo den *g*Schen-rabs also: «O Lehrer werden die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die lebenden Wesen endloser Gestalt nachdem sie die früher begangenen sündhaften Handlungen mit reuigem Gemüth bekannt und gebeichtet haben, die allerhöchste vollständige Befreiung erlangen?»

Also gefragt antwortete der Lehrer *g*Schen-rabs: O Nâga-Bonpo Je *g*Schen snjingpo, dass du gefragt hast, ist gut, ist gut. Nachdem sie die durch die Gestalt begangenen sündhaften Handlungen mit reuigem Gemüth bekannt und gebeichtet haben, werden sie die allerhöchste Befreiung erlangen. Ebenso mit der Wahrnehmung u. s. w.

128* Darauf sagte der Lehrer von vorzüglicher Weisheit: Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, wenn die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die lebenden Wesen endloser Gestalt mit andächtigem Glauben und gänzlich reinem Gemüth über die früher begangenen sündhaften Handlungen starke Reue erweckt haben, nachdem sie über die vermittelst der Gestalt begangenen Unwissenheits-Sünden, Lüsternheits-

Sünden, Zornes-Sünden, Stolzes-Sünden und Neides-Sünden Reue erweckt und sie aufgegeben haben, werden sie die allerhöchste Befreiung erhalten . . . ., ebenso in Betreff der Wahrnehmung u. s. w.

Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo, die lebenden Wesen endloser 129*
Gestalt werden, nachdem sie die jetzigen fünferlei bösen Sünden aufgegeben, das Wissen der Vollkommenheit des Gebens und die Tugenden des Gebens, der Liebe, der Sanftmuth und der Grossmuth[1]) auf sich nehmend vorzüglich pflegen, sicherlich die allerhöchste Befreiung erlangen . . . ., ebenso in Betreff der Vollkommenheit der Sittlichkeit.

Aus dem heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's der zwölfte Ab- 131
schnitt: Verneigung vor den Sugata's der drei Zeiten und den Nâga's, *g*Njan's und Erdherren nebst Umgebung und Sünden-Bekenntniss.

Darauf wird aus dem *g*Jung-drung Mahâjâna-Sûtra: dem heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's der Inbegriff der fünferlei vereinigten Opfer, welche den in dem unsichtbarem Raume weilenden Sugata's der drei Zeiten, den Maṇḍala-Nâga's, *g*Njan's und Erdherren dargebracht werden, vorgetragen. Bei Darbringung der hellen Lampe, als Mudrâ die beiden Handflächen gegen den Himmel ausgestreckt, die Finger vom Daumen, dem Zeigefinger bis zum Ringfinger jeder Hand, also acht oben und unten übereinandergelegt, die beiden kleinen Finger verbunden gegen den Himmel gerichtet, ist also zu sprechen: Oṁ, Licht-Welt, Sonnen-, Mond-Licht, Lampe und die übrigen erhellenden Lichter, um meine eignen und der endlosen Wesen Flecke und Finsterniss aufzuhellen, bringe ich dem im unsichtbaren Raume befindlichen *g*Schen-rabs-*b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten, den Erdherren, Nâga's, *g*Njan's der Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nebst Umgebung, während die Gestalt-Göttin Lampenmacherin[2]) mit lieblichem Gesange tanzt, den Maṇḍala-Göttern als Opfer dar. Geruhet dasselbe mit Barmherzigkeit und Gelöbnisstreue unzweideutigen Sinnes anzunehmen. Oṁ dshnânanitije dshvala svâhâ.

Darauf ist das Räucherwerk-Opfer darzubringen. Als Mudrâ wird auf die rechte Handfläche die linke gelegt, und gen Himmel weisend spreche man also: Der Gräser, Bäume, Wälder, Haine grünende Bäume, Früchte und Kerne, Saft hervorbringenden Kampfer, Muskatnuss, Myrobalanus, Safran und Sandel-Saft vereinigt habendes wohlduftendes liebliches Räucherwerk bringe ich, um meine eigenen und der lebenden Wesen von endloser Gestalt Flecken und Finsterniss zu erhellen, dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs-*b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten und den Erdherren, Nâga's und *g*Njan's des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nebst Umgebung, während die Duftgöttin die Räucherwerkmacherin[3]) mit lieblichem Gesange tanzt, den Maṇḍala-Göttern als Opfer dar. Geruhet dasselbe mit Barmherzigkeit und Gelöbnisstreue unzweideutigen Sinnes anzunehmen. Oṁ dûpa dûpa lang lang bu ni svâhâ.

1) ཡིད་ཟབ་པ

2) མར་མེམ

3) སྤྲིན་མམ

Darauf ist das Opfer des heiligen Wassers darzubringen. Als Mudrâ die sechs Fingerspitzen auswärts weisend, die beiden Mittelfinger über einander gekreuzt, die beiden Daumen drückend ist also zu sprechen: Oṁ, in dem kostbaren Krug von fleckenlosem Sandel dieses heilige Amṛta-Bade-Wasser bringe ich, um meine eigenen und der lebenden Wesen endloser Gestalt Flecken und Gelüste abzuwaschen dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs *b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten und den Erdherren, Nâga's und *g*Njan's des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nebst Umgebung, während die Ton-Göttin
132 die Pauken-Beckenschlägerin[1]) mit lieblichem Gesange tanzt, den Maṇḍala-Göttern als Opfer dar. Geruhet dasselbe mit Barmherzigkeit und Gelöbnisstreue unzweideutigen Sinnes anzunehmen. Oṁ, des Leibes, der Rede, des Geistes mu lu hu gu hûṁ di scho sale sadde svâhâ.

Darauf wird des Sumeru-Gottes Reinigungs-Opfer[2]) dargebracht: als Mudrâ werden die Fäuste zusammengelegt, die Daumen gegen den Himmel gerichtet. Oṁ, den Saft der Kerne der vier Dshambudvîpa's, Gerste, Reis, Waizen, haarige Gerste, Erbsen, dieses von der heiligen Göttertochter gemengte geheime Opfer der Sumeru-Göttin, bringe ich, um meine eigenen und der lebenden Wesen unendlicher Gestalt Flecken und Finsterniss aufzuhellen, dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs *b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten, den Erdherren, Nâga's und *g*Njan's des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nebst Umgebung, während die Geschmacks-Göttin die Speisenbereiterin[3]) mit lieblicher Stimme singend tanzt, den Maṇḍala-Göttern als Opfer dar. Geruhet es mit Barmherzigkeit und Gelöbnisstreue unzweideutigen Sinnes anzunehmen. A khar she je svâhâ.

Darauf wird das buntstrahlende[4]) Blumen-Opfer dargebracht. Als Mudrâ sind die Daumen einander begegnend in die Handflächen zu verlegen, die acht Fingerspitzen an einander zu stellen und die Daumen aus der Mitte der Finger herauszustellen und also zu sprechen: Oṁ, diese von den Königinnen der vier Zeiten hervorgebrachten auf des köst-
132* baren Sumeru Erdboden-Oberfläche gewachsenen schönen, lieblichen, glänzenden, buntstrahlenden Blumen bringe ich, um meine eigenen und der lebenden Wesen zahlloser Gestalt Flecken und Finsterniss zu erhellen, dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs *b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten, den Erdherren, Nâga's, *g*Njans des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten nebst Umgebung, während die Gefühls-Göttin Bekleiderin[5]) mit lieblicher Stimme singend tanzt, den Maṇḍala-Göttern als Opfer dar. Geruhet es mit Barmherzigkeit und Gelöbnisstreue unzweideutigen Sinnes anzunehmen. Oṁ bus pham ner ja la svâhâ.

Darauf da dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs-*b*Lama, den Sugata's der drei Zeiten und den Maṇḍala-Göttern das Opfer dargebracht, den Nâga's, *g*Njan's und

---

1) དཀྱིལ་རྡོག་མ
2) བསངས་ཀྱི་མཆོད་
3) ཞལ་ཟས་མ
4) ཤིན་གསལ
5) ཏུ་བཟའ་མ

Erdherren der lebenden Wesen endloser Gestalt mit gebeugtem Körper das Opfer von fünferlei Mudrâ's dargebracht, mögen sie fünferlei Körper habend in dem Körper völliger Einsicht[1]) gesammelt werden; dadurch dass sie das Opfer der fünf Çloka's dargebracht, fünferlei Rede habend in einer völlig freien Rede, welche in der Erscheinung eigenheitslos ist, gesammelt werden; dadurch dass sie das Opfer an fünferlei Kernen dargebracht mögen sie fünferlei Geist habend, in dem Geiste der ungestörten Gleichheit gesammelt werden. Dadurch dass sie das Opfer der fünferlei Gegenstände dargebracht, mögen sie der fünf Tugenden theilhaft, in der vortrefflichen Tugend gesammelt werden; dadurch dass sie das 133
Opfer der fünferlei Vertiefungen dargebracht, mögen sie, fünferlei Barmherzigkeit besitzend, in dem Geiste der vollendeten Einsicht gesammelt werden; dadurch dass sie das Opfer von fünferlei Handlungen dargebracht, mögen sie, fünferlei Handlungen besitzend, in der mit Majestät[2]) vollendeten Handlung gesammelt werden; dadurch dass sie in fünf Sprachen: in der Götter-, Menschen-, Ta zig-, Shang-shung- und Bon-Sprache u. s. w. das Opfer darbringen, ist die Heil-Sprache des Urprungs der grossen Tiefe rein und die leichten Begriffe gesammelt; dadurch dass das Opfer des dem Amṛta-Strome gleichen heiligen Hunderttausend der weissen Nâga's dargebracht wird, mögen wie durch das reine Wasser die Begierden-Flecken rein werden, die lebenden Wesen endloser Gestalt nach Läuterung der Begierden der Bedrängiss gleichwie ein von Rost reiner Spiegel von hellen Begriffen werden. Wie die Mutter dem Samen-Kerne[3]) ähnlich ist und alle lebenden Wesen gleich macht, mögen sich in der Mutter und in dem Weibe die Begriffe der Mutter sammeln, in der Mutter die Begriffe der Weisheit, in der Mutter die Begriffe des Wissens, in der Mutter die Begriffe der Mitte sich sammelnd den Nutzen der Wesen herbeiführen. Dadurch dass das Nâga-Hunderttausend dem Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çaṅkhapâla nebst einer Umgebung von koṭi-nijuta-Hunderttausend dargebracht wird, werden die Begriffe des Nâga-Hunderttausend gesammelt. Da das Weisse die sehr reine Lehre wie die Krystall-Eisberge ist, wird dieser gänzlich reine Wortlaut sämmtlicher lebenden Wesen Schmerzen 133*
überwältigend und alle Leiden beseitigend, den Nutzen der Wesen herbeiführend sammeln. Dadurch dass die Wesen vereint das Opfer darbringen, werden sie in dem zu Meidenden und zu Erstrebenden gesammelt. Dadurch dass der Lehrer die Gleichnisse, Sinn, Merkmale, den Wortlaut, der Weisheit Kern gänzlich geläutert aufhellend das Opfer dargebracht hat, werden die Begriffe der Haupt-Schaar[4]) gesammelt; dadurch dass die *g*Njan's, Erdherren und fünf Nâga-Kasten, Je *g*Schen snjingpo und die übrigen eilf Millionen-Hunderttausend die verschiedenen mit dem Gedanken nicht zu fassenden Opfer dargebracht haben, werden die fragenden und hörenden Schaaren gesammelt; dadurch dass Je *g*Schen

---

1) མངོན་པར་ཏུང་ཆུབ་པ།

2) ཐུབ་ཆེན།

3) མེ oder མེ

4) གཙོ་བོ་ཁོར།

*s*njingpo und die übrigen lebenden Wesen endloser Gestalt das achtspeichige Schutz-Maṇḍala darbringend, verschiedene Maṇḍala's und das Errichtungs-Maṇḍala die fünf Kasten übernehmend dargebracht haben, sind die Maṇḍala-Begriffe gesammelt. Durch die Schutz-Ceremonien welche um die eigenen und fremden Schaaren zu schützen, ausgesprochen werden, sind in den drei letzten Fischen der vier Umhegungen die Schutz-Begriffe gesammelt. Die dargebrachten Maṇḍala's, die allgemeinen und besonderen beide vereint, die dem Schutz-Gott und dem Priester-Gott[1]) dargebrachten beide vereint, Rundes, Dreieckiges, Halbmond, Gerste-Ähnliches, viereckige Gestaltung, Tare-tadde[2]), Hagel-Gestaltung, der Gestaltungen Begriff
134 vereinigt, werden als Opfer dargebracht; der weisse Nabel, der blaue und rothe Umkreis, das Rad gelb und das Stumpfeck blau, der Umkreis blau und die Halbmonde acht roth, acht weiss; die Beruhigungs-Lotusse, vier gelbe, vier rothe; die Zorn-Lotusse, vier blaue, vier rothe, Gerste-Ähnliches Weisse und der Umkreis blau, das Hakenkreuz[3]) weiss, das Stumpfeck gelb, wird ein Opfer, wo Gestalt und Farbe gesammelt sind, dargebracht, so werden die Opfer-Begriffe gesammelt. Bringt man Errichtungs-Maṇḍala zweierlei Art als Opfer dar, so sind der gesammelten Nâga's beiderlei Art Begriffe gesammelt. Die Begriffe der Ceremonien, um sich zu hüten zur Zeit da der Geist entschwindet und die Seele irrt, sind also zu fassen. Osten und Westen, der weissen und schwarzen Hälfte wegen sind in den vier Hütungszeiten gesammelt; Tugendwerke auf sich nehmend, muss man sie sehr üben, dann werden Krankheit und Schmerzen beseitigt und sicherlich die Frucht der Befreiung erlangt.

Darauf sprach der Lehrer *g*Schen-rabs also: Nâga Bonpo Je *g*Schen *s*njingpo mit einer Umgebung von eilf Millionen-Hunderttausend, nachdem also der Begriff der fünferlei Opfer stückweise[4]) gegeben ist und man mit gänzlich reinem Geiste sich hingebend mit der Gestalt Tugend übt, wird man von den fünf grossen Kalpa's, dem Kalpa der neun Finsterniss-Dvipa's, dem Kalpa des Sturmes der Handlungen, dem Kalpa des überaus grossen furtlosen Flusses[5]), dem Kalpa des Hungers und des Verzehrens des eigenen Fleisches
134* und der vier die Anhäufungs-Körper bewältigenden Dämonen befreit, das Wohl der Wesen bewirken . . . . . , ebenso mit der Wahrnehmung u. s. w.

Der der vorzüglichen Einsicht mächtige Lehrer sprach: Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*njingpo, nachdem dadurch, dass Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren und die lebenden Wesen endloser Gestalt fünferlei Opfer dargebracht haben, der Begriff der äussern Gegenstände aufgehellt und der Sinn des heiligen weissen Nâga-Hunderttausend erkannt ist, wird in der Erscheinung der Gestalt der Begriff gleichwie

---

1) དྲྭ་བོའི་གཤས་ལྷ

2) ཏ་རེ་ཏད་དེ

3) གཡུང་དྲུང་ im Mongolischen durch Königssiegel übersetzt.

4) ཕེལ་བྱས

5) ཐག་ཆེའ་ཆུ་བོ་རབ་མེད (corr. རབས་མེད) ཀྱི་བསྐལ་པ

des eigenthümlichkeitslosen Himmels erhellt werden, wird in der Gleichheit der Begriff gleichwie des unvermengten Regenbogens erhellt werden, wird in der Erscheinung der Be- 137*
griff gleichwie des eigenthümlichkeitslosen Schwindens[1]) erhellt werden, wird in der Erscheinung der Begriff gleichwie des existenzlosen Spiegels erhellt werden, wird in dem Anblick der Begriff gleichwie des Pfauenschweifs erhellt werden . . . . . , ebenso mit der Wahrnehmung.

Der dreizehnte Abschnitt: Aus dem Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten die 138*
den im unsichtbaren Raume weilenden Sugata's der drei Zeiten, den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed dargebrachten fünferlei Opfer und stückweise gegebenen Sammel-Begriffe.

Darauf wird aus dem köstlichen, zauberisch wahrhaften *g*Jung-drung Mahâjâna-Sûtra der Bonpo's, aus dem Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten das mit der Lobpreisung des Körpers der Nâga's, *g*Njan's und Erdherren verbundene Wunschgebet gänzlich rein zu verrichten gelehrt.

Oṁ, auf des Fünf-Nâga-Kasten-Maṇḍala's Mitte auf dem weissen Halbmonds-Teppich der Lehrer *g*Schen-rab*s* mi po, mit Körperfarbe wie des Türkis Kern, auf dem Kopf die kostbare . . . . Mitra[2]), in der Rechten ein Edelstein-Kreuz, in der Linken den eisernen Haken der Barmherzigkeit haltend, von dem Körper Edelstein-Glanz ausstrahlend, auf dem Lotus-Mond-Teppich sitzend, alle mit Barmherzigkeit leitender Lehrer *g*Schen-rab*s*, vor dem Körper mich verneigend und ihn lobpreisend bringe ich das Opfer dar.

Auf der Mitte rothem Halbmonds-Teppich der *g*Njan mit dem flammenden Schneckenkopf und Türkis-Schopf, mit Körperfarbe wie des Krystalls Kern, mit kostbarem Türkis- 139
Schmuck geziert, als Handzeichen das Gänsebanner haltend, vor dem Körper des die zehn Weltgegenden mit verschiedenen Zaubergestalten erfüllenden *g*Njan-Königs mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf der Mitte grünem Halbmonds-Teppich die Erdgebieterin Sthâvarâ, mit Köperfarbe wie des Goldes Kern, auf dem Kopfe ein kostbarer Türkis-Schopf, in der Hand einen kostbaren goldnen Krug haltend, vor ihr mich verneigend und sie lobpreisend bringe ich das Opfer dar.

Auf der Mitte rothem Halbmonds-Teppich der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla, an Körperfarbe polirter weisser Schnecke ähnlich, den Kopfschmuck mit tausend schneckenweissen Schlangen geziert, als Handzeichen eine Udumbara-Blume haltend, vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf dem östlichen Lotus-Teppich der Nâga-Vaiçja der gelbstrahlende Karkoṭa, den Kopfschmuck mit tausend gelben Schlangen geziert, als Handzeichen eine Utpala-Blume haltend, vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

---

1) རྒྱ་ der mongol. Text རྒྱུ་

2) དཀར་ལྡོ

Auf dem südlichen Blumen-Lotus-Teppich der Nâga-Çûdra Vâsuki an Körperfarbe blaugrün flammend, den Kopfschmuck mit tausend Türkis-Schlangen geziert, als Handzeichen einen Lotus haltend; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

139* Auf dem westlichen rothen Lotus-Teppich der Nâga-Brahmane mit langer Flechte Hala, an Köperfarbe roth flammend, den Kopfschmuck mit tausend Kupferschlangen geziert, als Handzeichen eine Hala-Blume haltend; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf dem nördlichen grünen Lotus-Teppich der schwarze Nâga-Tshâṇḍala der vielarmige Graha, an Körperfarbe blauflammend, den Kopfschmuck mit tausend schwarzen Bronce-Schlangen geziert, als Handzeichen eine Gift-Dorn-Blume haltend; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf dem nordöstlichen gelben Lotus-Teppich der Nâga-König Nanda Takshaka, an Körperfarbe und Schmuck weissgrün; vor ihm verneige ich mich, lobpreise ihn und bringe das Opfer dar.

Auf dem südöstlichen rothen Lotus-Teppich der Nâga-König Ananta Manasvin, an Körperfarbe und Schmuck blauweisslich; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf dem südwestlichen grünen Lotus-Teppich der Nâga-König der schwarze Oṁra, an Körperfarbe und Schmuck rothschwarz; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf dem nordwestlichen weissen Lotus-Teppich der Nâga-König Tshûḍâratna, an Körperfarbe und Schmuck weissgrün; vor ihm mich verneigend und ihn lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf den Teppichen der vier gelben Stumpfecken die Erdherren, rtsang-rtsang-Schaaren, die Erd-Râkshasa's, Nâga-Râkshasa's, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren; vor ihnen mich verneigend und sie lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Auf den Teppichen der vier Maṇḍala-Rechtecke der Umgebung mit Gedanken nicht zu fassende Nâga-Geschlechter-Zaubergestalten und Zauber-Söhne; vor ihnen mich verneigend und sie lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

140 Auf den Teppichen der vier Maṇḍala-Thore die vier grossen Thorwarte der Erdherren; vor ihnen mich verneigend und sie lobpreisend, bringe ich das Opfer dar.

Ganz reine Perlen, kostbares Gold und Türkis, ...[1]), wohlriechende Blumen, Wasser und Räucherwerk, ...[2]), Speise, Gold[3]), Körner, Saft; fünf Arzneien, fünferlei

1) Der tibet. Text hat hier: ཉི་ཟླ, das die mongol. Übersetzung nicht berücksichtigt; sollte ཉི་ཤེ Baldachin gemeint sein?

2) ཉ་བསངས་བཀའ

3) Auch im mongol. Text baġatur.

Räucherwerk, fünferlei Herzen, drei weisse, drei süsse (Gegenstände), heiliges Wasser mit Milch gemischt, Gestalt, Ton, Geruch, Geschmack, Gefühl; Tiger, Löwe und die übrigen vorzüglichen und verschiedenen Instrumente, ein überaus wichtiges Opfer vor dem im unsichtbaren Raume weilenden *g*Schen-rabs-*b*Lama und den Nâga's, *g*Njan's, Erdherren nebst Umgebung mich verneigend, sie lobpreisend, bringe ich es dar. Oṁ desho nâgarâdsha samaja thor thor thim thim svâhâ.

Darauf sprach der Lehrer *g*Schen-rabs also: «Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen snjingpo und die übrigen lebenden Wesen von endloser Gestalt um die sechserlei Schmerzen zu bewältigen und die Befreiung zu erlangen, dieses Wunschgebet gänzlich rein zu verrichten höret, Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed, Körper, Rede und Geist anstrengend unbeirrten Sinnes standhaft zu. Durch des dem im unsichtbaren Raume wei- 140*
lenden *g*Schen-rabs-*b*Lama den Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren dargebrachten hellstrahlenden Lampen-Opfers Kraft mögen ich, der veranlassende Gabenspender, und die lebenden Wesen endloser Gestalt von dem Kalpa der neun Finsterniss-Dvîpa's befreit werden, durch die Kraft des Opfers des Bade-Wassers aus dem Kalpa des Leichen-Schmutzes, aus dem Kalpa des überaus weiten furtlosen Flusses, durch die Kraft des Opfers der Sumeru-Götter mögen sie von dem Hunger-Kalpa und dem Kalpa der Verzehrung des eigenen Fleisches befreit werden; durch die Kraft des Opfers der schönen buntstrahlenden Blumen mögen sie von dem Kalpa der die Anhäufung und den Körper drückenden vier Dämonen befreit werden.; durch die Kraft des Opfers des Beckenklanges u. s. w. möge der Begriff der fünferlei Töne erkannt werden; durch die Kraft des Opfers des wohlriechenden Räucherwerks möge der Begriff der fünferlei Wohlgerüche erkannt werden; durch das Opfer der vorzüglich schmackhaften Speisen möge der Begriff der fünf Geschmackarten erkannt werden; durch die Kraft des Opfers der fühlbaren Gewänder möge der Begriff der fünferlei fühlbaren Gegenstände erhellt werden; durch die Kraft des Opfers der drei weissen Speisen möge die Schuld, welche man gegen Kälber und Schaafe sich durch das Trinken der gesäuerten Milch zugezogen hat, gereinigt werden; durch die 141
Kraft des Opfers der drei süssen Gegenstände möge die Schuld, die man sich gegen die Nâga's, *g*Njan's und Erdherren, die wilde Erde grabend, die wilden Steine brechend, die wilden Bäume fällend, das wilde Gras mähend, das wilde Wasser schöpfend, zugezogen hat, gereinigt werden; durch die Kraft des Speise-Streuopfers der tausenderlei gemischten Erdfrüchte mögen die 42 Beschwichtigungs-Götter-Schaaren, die Nâga-, *g*Njan-, Erdherren-, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren und der vier Geschlechter der Gäste Gemüth befriedigt werden; durch die Kraft des Opfers des Bade-Wassers mögen man nach Reinigung der Flecken der Bedrängniss und des Wissens des unversiegbaren Barmherzigkeits-Stromes theilhaft werden; durch die Kraft der Darbringung der fünferlei Körner möge man des Genusses des unerschöpflichen Schatzes theilhaft werden; durch die Kraft des Opfers der 360 Arzneien möge man von den viererlei gesammelten Krankheiten u. s. w., von den 404 Krankheiten

befreit werden; durch die Kraft des Opfers von Indrahasta [1]) und Alligator-Klauen [2]) mögen der Nâga Gliederkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers der Muskatnüsse mögen die Kopfkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers . . . .[3]) mögen die Halskrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers der Herzenskraft [4])
141* mögen die Herzenskrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers von weisser Jujube und Sandelholz mögen die Krankheiten der Adern und Sehnen geheilt werden; durch die Kraft des Opfers von weissem Akonit [5]) mögen die hitzigen Krankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers der kostbaren Schnecke mögen die Knochenkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Arsenik [6])-Opfers mögen die Fleischkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Räucherwerks-Opfers möge das Übelbefinden der Gefässe [7]) geheilt werden; durch die Kraft des Zinnober [8])-Opfers mögen die Blutkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Nierenkraft [9])-Opfers mögen die Nierenkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers des auf Felsen wachsenden . . . . . [10]) mögen die Augenkrankheiten geheilt werden; durch die Kraft des Opfers von Gras und Bäumen mögen die Krankheiten des Kopf- und Körperhaares geheilt werden; durch die Kraft des Opfers mit Nâga-Gestalt [11]) möge man im Besitz von vieler Nâga- und Menschen-Habe der neunerlei Wunschgegenstände theilhaft werden; durch die Kraft des Opfers der fünferlei Edelsteine möge man in den Besitz von fünferlei Wissen gelangen; durch das Opfer der Milch einer weissen Kuh und einer weissen Ziege möge ein Bad im Amṛta-Meere erlangt werden; durch die Kraft des Opfers von neun männlichen und neun weiblichen Obstbäumen möge man den Genuss des Wunschbaumes erlangen; durch die Kraft des Opfers von *r*gjang bu [12]) möge man im Besitz des Begriffs des Körpers, der Rede und des Geistes in den fünferlei Elementen mit Majestät [13]) vollendet werden; durch die Kraft des Opfers von
142 verschiedener weisser Seide möge man fleckenlosen Wissens theilhaft werden; durch die Kraft des Opfers verschiedener rother Seide möge man theilhaft werden des Begriffs der

---

1) དབང་པོ་འཕྲག wird chines. mit shan jin čang übersetzt, wofür Williams Cactus ansetzt; Kowalewski im Wörterb. S. 267 erketu jin ǵar benennt es Acchis conopsea.

2) ཆུ་སྲིན་སྣ་རྩི

3) ཀུ་ཀཱ་ཙ་ནཱ wird im Mongol. nur transcribirt; ཀུ་ཀཱ་ཙ་ནཱ ist im Sanskrit audanika oder pariveshaka: Neunkoch?

4) སྙིང་ཁའི་ཤ eine Jujuba-Art.

5) བོང་དཀར་པོ

6) ལྕགས་རོས

7) སྤྲུགས

8) མཆོག་ཆེན

9) མགལ་མ་ཁའི་ཤ

10) ཚ་བ; Kowalewski mongol. Wörterbuch S. 45 und 122 hat ཚ་བྱག; Jaeschke S. 628 dasselbe neben ཚ་འབས and ཚ་པོ neben ཚ་ལྷ als Arzneimittel.

11) ཀླུ་གཟུགས

12) རྒྱང་བུ s. oben zu Bl. 73* des Textes.

13) ལྷུན་གྲུབ

unparteiischen Barmherzigkeit; durch die Kraft des Opfers verschiedener blauer Seide möge man theilhaft werden des Begriffs .....[1]); durch die Kraft des Opfers verschiedener schwarzer Seide möge man theilhaft werden des Begriffs des unwandelbaren Bonthums; durch die Kraft des Opfers von Gold-Brokat möge man theilhaft werden der fünf gewünschten Kräfte der Nâga's; durch die Kraft eines Pfeil-Opfers möge man des Lebens-Marks[2]) theilhaft werden; durch die Macht eines Schwert-Opfers möge mân theilhaft werden des Begriffs die fünf Übel der Bedrängniss auszurotten; durch die Kraft des Opfers der viererlei Dvîpa's und Akonite[3]) möge man im Besitz der Herrschaft der vier Dshambudvîpa's über viererlei Dvîpa's Macht erlangen; durch die Kraft eines Pfauen-Schweif-Opfers möge man nach Befreiung von dem Unhold des Zorn-Königs, von dem Unhold der Begierden-Mutter, von dem Unhold der Stolzes-Asurî, von dem Unhold des Unwissenheits-Nâga und von dem Unhold des Neid-Gottes furchtbaren Schutzes theilhaft von den 80,000 Widersachern[4]) befreit werden; durch das Opfer des mit einem Schmuck versehenen Kruges möge man in Besitz des Nâga-Palastes gelangen; durch das Opfer von Amṛta, der Milch 142*
einer weissen Kuh, einer weissen Ziege, reinen Wassers und fünferlei Kerne möge man eines Edelsteinregens der neun Wunschgegenstände theilhaft werden; durch das Opfer eines Wunsch-Baum-Schmuckes an des Kruges Mündung möge den sechserlei lebenden Wesen der vier Dvîpa's Kühlung und Schutz zu Theil werden; durch die Kraft des Opfers eines Haltstricks aus farbigen Fäden werde man des Lenkseils der leitenden Barmherzigkeit theilhaft; durch die Kraft des Opfers von Wasser-Seide[5]) mögen die 360 plötzlichen Sinnesbethörungen[6]) abgewandt werden; durch die Weihe mit dem schmuckversehenen Kruge und Vollziehung der vier Körper-Weihen möge man fünferlei Kraft erlangen; durch die Kraft des Körper-Mudrâ-Opfers mögen die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die veranlassenden gabenspendenden lebenden Wesen von des Körper dreierlei Sünden gereinigt der grossen Körper-Mudrâ theilhaft werden; durch die Kraft des Opfers der Rede, der Hersagung des Garuḍa-Tausend mögen die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die veranlassenden gabenspendenden lebenden Wesen, von den viererlei Sünden der Rede gereinigt, des Hinderniss- und Hemmnissfreien Rede-Wohllauts theilhaft, in Besitz der wirklichen Wahrheit[7]) gelangen; durch die Kraft des Geistes-Vertiefungs-Opfers mögen die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die veranlassenden 143
gabenspendenden lebenden Wesen von den dreierlei Geistes-Sünden gereinigt, den Begriff

---

1) དངས་ཀ་གནས་དག་ཐོ་ལྡེ་ལ་བ་བཟོ་མ་བ

2) སྲོག་གི་སྙིགས་རྩ

3) བོད་ར

4) བགེགས་རིགས

5) ཆུ་དོན

6) ཡེ་འཛིག

7) དོན་དུ་ཡ་པའི་ཐབས་བ

des unveränderlichen und unwandelbaren Gemüths erlangen; durch die Kraft des Vortrags des heiligen weissen Nâga-Hunderttausend möge nach Befreiung von dem Krankheits-Kalpa, von dem Waffen-Kalpa, von dem Hunger[1])-Kalpa, von dem Frost-, Hagel-, Feuer- und Wasser-Kalpa, zu rechter Zeit Regen fallen, die Ernte beständig gut werden, alle Menschen- und Viehkrankheiten aufhören; durch die Kraft der Darbringung des Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten möge die durch der Natur Majestät bewerkstelligte Maṇḍala-Körper-Vollendung statt finden.

Aus den Nâga's Bonpo gewordener Je *g*Schen *s*ujingpo, wenn die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod- und *g*Zed-Schaaren und die lebenden Wesen von endloser Gestalt, als Stützen des Gebets verschiedene Gegenstände des Genusses dargebracht haben und mit gänzlich reiner Gestalt das Gebet verrichten, so werden sie die allerhöchste Buddhaschaft[2]) erlangen. . . . . Ebenso in der Wahrnehmung u. s. w.

149 Durch die Barmherzigkeit des Lehrers *g*Schen-rabs, durch den Segen des Vortrags des heiligen weissen Nâga-Hunderttausend, durch die Kraft der Errichtung des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten, durch das Vermögen der Erzeugung der Mudrâ-Herzens-Mitte, durch die Kraft der Massen der Ursache-Folgen-Ceremonien, und der Segens-Ceremonien, durch den Segen der die 1000 Garuḍa-Laute hersagenden Barmherzigkeit, möge nachdem die Nâga- und *g*Njan-Krankheiten aufgehört, die von Lahmheit, Krüppelhaftigkeit, Aussatz-Arten u. s. w., von Sommersprossen[3])-Krankheiten Ergriffenen, Podagra, weisse und schwarze Blattern, Seitendürre, Nackensteife[4]), Dürrsucht, Geschwür[5]), weissliche Blasen-Geschwulst, Eiter, weisse und schwarze Pusteln[6]), die 404 Krankheiten abgewendet werden. Durch den Segen des weissen Nâga-Hunderttausend, durch die Kraft der Errichtung des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten und das gänzlich reine Gebet möge von den Schmerzen der heissen und kalten Hölle, von den Schmerzen der Separathölle und Umgebung erlöst, theilhaft des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes, die vollendete Buddhaschaft erlangen. Von den Schmerzen der hungernden und dürstenden Preta's, von den äussere Makel Habenden und innere Makel Habenden, sowie von den Makelhabenden der Makelhabenden befreit, theilhaft des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes, die vollendete Buddhaschaft erlangen. Von den Schmerzen der durch ihre Thaten an die Erde gebannten Thiere, der vom Himmel durch Umstände losgelösten Thiere, der in der Mitte durch die Zeit bewältigten Thiere u. s. w., welche ohne eigne Macht zu haben beladen, zerschnitten und getödtet werden, und stumm sind, befreit, theilhaft des Gefühls-Wissens und des Begriffs des Hakeukreuzes der Bonpo, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

---

1) ཞད་དད་སེར་བ

2) བླ་ན་མེད་པར་འཚང་རྒྱ་བར་འགྲུབ་པོ

3) ཤ་བག་ནད im Mongol. alak morja; s. Kowalewski S. 2000.

4) ཀེ་རེངས, was ich in གཀྲའ་རེངས ändern möchte.

5) ཚོབ wie statt ཚོད zu sehen.

6) ཆུ་བུབ

Der Nâga-Kshatrija mit weissem Licht Çañkhapâla, der Nâga-Vaicja der gelbstrahlende Karkoṭa, der Nâga-Çûdra der blauflammende Vâsuki, der Nâga-Brahman mit rother langer Flechte Hala, der Nâga-Tshâṇḍala der schwarze vielarmige Graha und die übrigen von oben und unten aus den zehn Weltgegenden mit den Gedanken nicht fassbare Nâga-Geschlechter, von den Schmerzen des feuergleich flammenden Zornes, der dem Wasser gleich kreisenden Begierden, der der Finsterniss gleich dunkeln Unwissenheit, des dem Wirbelwind gleich sich drehenden Stolzes, des der Wolke gleich umhüllenden Neides, von den Schmerzen des Stolzes und Jähzorns befreit, und nachdem sie den Begriff der fünf alles bewältigenden Wissensarten: des Spiegelgleichen Wissens, des thatkräftigen Wissens, des Prüfungs-Wissens, des Gleichheits-Wissens und des Wissens der Leere erfasst haben, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Die Menschen der vier Dshambadvîpa's, die Menschen des Tshakravartins, die Menschen der sieben Hakenkreuz-Häuser, die Menschen, welche den Saft des Ardshuna-Baumes trinken, die in Blumen-Röhren wohnenden Menschen, die Kinnara's u. s. w. von den 150*
Schmerzen der Menschen-Arbeit, von den Schmerzen des Geborenwerdens, des Alters, der Krankheit und des Sterbens, von dem äussern Schmerz, von dem innern Schmerz, von dem Schmerz der Veränderung befreit und den Begriff der fünf erwünschten Kräfte erkannt habend, im Besitz des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Die aus dem Lichte hervorkommenden im Himmel weilenden Asura's, die am Gürtel des Sumeru wohnenden und vermittelst des Zaubers einhergehendeu Asura's, die auf den vier Dvîpa's wohnenden und mit dem Zauber allumfassenden Amra's, die hinauf- und hinunter-, in der Mitte u. s. w. schlagenden Asura's mögen, von den Schmerzen des Stolzes und der Streitlust befreit, mit Verwandlung ihrer Rüstungen und Waffen zu Blumen-Dvîpa's, des Begriffes des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Die in den vier gestaltlosen, in den 17 Gestalt-Regionen, die in der Region der Begierden wohnenden Götter mögen, von den Schmerzen der Sünde befreit, nachdem sie den Begriff der Bedrängniss und des Wissens erfasst, des Begriffes des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen. Nachdem sie den Begriff der drei Götter: des Gottes des Bonthum-Körpers, des Gottes des Genuss-Körpers, des Gottes des Zauber-Körpers erfasst, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Durch der Bonpo kostbares zauberisch wahres heiliges weisses Nâga-Hunderttausend, des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten barmherzige Segenskraft, durch das Vermögen des Kernes Mitte zu erzeugen, durch die Kraft des Zusammenhangs der Mudrâ mit dem Himmel und der Ursache und Folgen in sich schliessenden Gegenstände, durch die Kraft des Segens des weissen Nâga-Hunderttausend und die Errichtung des Maṇḍala's der fünf Nâga-Kasten und durch die Verrichtung des gänzlich reinen Gebets mögen die Nâga's, *g*Njan's, Erdherren, *g*Tod und *g*Zed und die lebenden Wesen von endloser Gestalt, nachdem sie den

Begriff der vier grossen Barmherzigkeiten erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff des Geborenwerdens und Sterbens erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff des Könnens und Wissens erkannt, des Begriffs des Bonpo-Kreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff des Seins und Wissens erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff der Ruhe und des Zorns erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den un-
151 zweideutigen Begriff der Himmels-Mitte erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff des Buddha und des lebenden Wesens erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den unzweideutigen Begriff des Kreislaufs und des Entschwindens aus dem Jammer erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen; nachdem sie den ungefälschten Begriff der 84,000 Bon-Thore in einen einzigen Tropfen gesetzt und den Begriff der grossen unwandelbaren Ausdehnung erkannt, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theilhaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Aus dem Hakenkreuz-Mahâjâna-Sûtra dem heiligen weissen Nâga-Hunderttausend dieses Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten ursprünglich entstanden und aus dem Raume des Geistes und der Leere hervorgegangen und in der Mitte weilend, auch in dem Raume des Geistes und der Leere weilend, endlich gesammelt, auch im Raume des Geistes und der Leere gesammelt, in dem Raume der Leere und des Geistes weilend, des Begriffs des Bonpo-Hakenkreuzes theihaft, die vollendete Buddhaschaft erlangen.

Aus dem Hakenkreuz-Mahâjâna-Sûtra der Bonpo's, aus dem kostbaren zauberisch wahrhaften heiligen weissen Nâga-Hunderttausend, aus dem Maṇḍala der fünf Nâga-Kasten der vierzehnte Abschnitt die Lobpreisung des Körpers und des verrichteten Gebets.

Ouvrages du même auteur publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences.

T. V, № 8. Versuch über das Awarische. 1862. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
T. VI, № 8. Versuch über die Sprache der Uden. 1863. Pr. 90 K. = 3 Mk.
№ 12. Ausführlicher Bericht über des Generals Peter von Uslar's Abchasische Studien. 1863. Pr. 60 K. = 2 Mk.
T. VII, № 5. Tschetschenzische Studien. 1864. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.
T. X, № 12. Ausführlicher Bericht über Baron P. v. Uslar's Kasikumükische Studien. 1866. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.
T. XVII, № 8. Ausführlicher Bericht über Baron P. v. Uslar's Hürkanische Studien. 1871. Pr. 1 R. 60 K. = 5 Mk. 30 Pf.
T. XVIII, № 6. Ausführlicher Bericht über Baron P. v. Uslar's Awarische Studien. 1872. Pr. 1 R. 45 K. = 4 Mk. 80 Pf.
T. XIX, № 6. Awarische Texte. 1873. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.
T. XX, № 2. Ausführlicher Bericht über Baron P. v. Uslar's Kürinische Studien. 1873. Pr. 2 R. = 6 M. 70 Pf.
T. XXI. № 8. Leopold Radloff's Wörterbuch der Kinai-Sprache, herausgegeben von A. Schiefner. 1874. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.
T. XXII, № 7. Mahâkâtjâjana und König Tschaṇḍa-Pradjota. Ein Cyklus buddhistischer Erzählungen. 1875. Pr. 60 K. = 2 Mk.
T. XXV, № 1. Ueber Pluralbezeichnungen im Tibetischen. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 2.

ÜBER DIE

SPECTRA DER COMETEN

UND IHRE BEZIEHUNG ZU DENJENIGEN GEWISSER KOHLENVERBINDUNGEN.

VON

Dr. B. Hasselberg.

Mit 1 Tafel.

(*Lu le 1 avril 1880.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof; **à Riga:** M. N. Kymmel; **à Leipzig:** Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 85 Kop. = 2 Mrk. 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
Tome XXVIII, N° 2.

ÜBER DIE

SPECTRA DER COMETEN

UND IHRE BEZIEHUNG ZU DENJENIGEN GEWISSER KOHLENVERBINDUNGEN.

VON

Dr. B. Hasselberg.

Mit 1 Tafel.

(Lu le 1 avril 1880.)

St.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 85 Kop. = 2 Mrk. 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Novembre 1880. C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Capitel I.

Allgemeiner Ueberblick der Resultate der bisherigen spectroskopischen Beobachtung der Cometen.

Nachdem mit Hülfe der kräftigen Fernröhre der neueren Zeit bei den Cometen eine Menge eigenthümlicher Lichterscheinungen, die früher nothwendig jeder noch so grossen Aufmerksamkeit entgehen mussten, bekannt geworden, war es natürlich, dass, neben der rein astronomischen Frage nach der Bewegung dieser Körper, noch diejenige nach den physischen Verhältnissen derselben, wodurch allein diese Lichtprocesse bedingt sein könnten, entstehen musste. Namentlich war dies zu erwarten in solchen Fällen, bei denen die Erscheinungen durch die Grossartigkeit, mit der sie sich äusserten, eine genaue Verfolgung besonders erleichterten. So z. B. finden wir diese Aufgabe schon um 1811 bei Veranlassung des damals erschienenen grossen Cometen von Olbers[1]) behandelt und ebenso suchten Bessel[2]) und W. Struve[3]) der im Jahre 1835 eingetroffenen Wiederkehr des Halley'schen Cometen möglichst viel in der fraglichen Beziehung abzugewinnen. Ohne Zweifel werden diese und ähnliche Untersuchungen, die auch in Bezug auf mehrere andere Cometen späteren Datums von verschiedenen Beobachtern vorliegen, für alle Zeiten einen bleibenden Werth behalten, und bei jedem Versuche die physikalischen Verhältnisse der

1) Zach. Monatl. Corresp. Bd. XXV, p. 3.
2) Astr. Nachr. Bd. XIII, p. 185.
3) W. Struve: Beobachtungen des Halley'schen Cometen bei seinem Erscheinen im Jahre 1835. St. Petersburg 1839.

Cometen zu deuten berücksichtigt werden müssen, um so mehr als darin schon Andeutungen sich finden, die mit denjenigen Ideen, welche wir uns jetzt, auf ganz andere Gründe gestützt, über die cometarischen Vorgänge bilden können, in Einklang stehen. Da aber die in jenen Werken niedergelegten Beobachtungen fast ausschliesslich nur die räumlichen Veränderungen der Lichterscheinungen der Cometen behandeln und somit über die innere Natur derselben nur wenig Aufschluss gewähren können, so waren die berühmten Versuche Arago's über die Polarisation des Cometenlichtes um so wichtiger zu betrachten, als durch dieselben die bis dahin unlösbare Frage nach dem Ursprunge desselben eine befriedigende Lösung zu erhalten schien. Die Resultate dieser Untersuchungen, sowie die in Folge davon entstandene Ansicht Arago's über die erborgte Natur des Cometenlichtes, sind zu bekannt, um irgend einer weiteren Auseinandersetzung zu bedürfen. Merkwürdig ist es indessen, dass diese Ansicht, ohne von zahlreicheren Beobachtungen getragen zu sein, in der Folge als ein allgemeines Gesetz betrachtet werden konnte, denn obgleich Polarisationsbeobachtungen später auch an anderen Cometen angestellt worden sind, so sind sie es jedenfalls nicht in einem Umfange und mit der Beweisfähigkeit wie es für das Feststellen eines Gesetzes nöthig ist[1]).

Die Frage nach dem Ursprunge des Lichtes der Cometen sollte aber bald nach einer ganz entgegengesetzten Richtung beantwortet werden, und zwar durch eine Methode der Untersuchung, über deren Entscheidungsfähigkeit kein Zweifel besteht. Es wurde nämlich im Jahre 1864 zum ersten Mal von Donati[2]) das Spectroskop auf einen Cometen gerichtet, und das Ergebniss der Beobachtung: ein aus drei hellen Lichtmaximis bestehendes Spectrum, zeigte unzweideutig, dass hier eine selbständige Lichtquelle vorlag, in der die Hauptmasse des Lichtes, wenn nicht alles, einer eigenen Lichtentwickelung zugeschrieben werden musste. Alle nachher an Cometen angestellten Spectralbeobachtungen haben dasselbe Resultat gegeben, und es kann folglich, soweit die Beobachtungen bisjetzt reichen, als constatirt angesehen werden, dass das Cometenlicht zum grössten Theil ein eigenes ist. Das häufig nebenbei beobachtete Auftreten eines continuirlichen Spectrums deutet wohl, in Verbindung mit den bisweilen gefundenen Spuren von Polarisation darauf, dass ein Theil des Lichtes reflectirtes Sonnenlicht sei; — ich glaube aber weiter unten zeigen zu können, dass diese Erklärung nicht immer nothwendig, resp. wahrscheinlich ist, sondern dass im Gegentheil auch das continuirliche Spectrum einer eigenen Lichtentwickelung der Cometen zugeschrieben werden kann, ohne dass dazu die Annahme eines Zustandes der Cometenmaterie, der, gewissen Erscheinungen zufolge, wenig wahrscheinlich sein dürfte, nöthig wäre. Auf diese Frage wird weiter unten zurückzukommen sein. —

---

1) Ueber den mangelhaften Zustand der Polarisationsbeobachtungen nicht nur in Betreff der Cometen, sondern auch in Bezug auf andere Himmelserscheinungen, siehe: J. F. Julius Schmidt: Astronomische Beobachtungen über Cometen. Athen 1863, p. 49. (Publications de l'Observatoire d'Athènes I-ère Ser. T. I.)

2) Monthly Notices 1864, XXV, p. 114. — A. N. Nr. 1488.

Nachdem somit gezeigt war, dass die Cometen als der Sitz einer selbständigen Lichtentwickelung angesehen werden mussten, so waren die zunächst entstehenden Fragen die nach der Ursache dieses selbständigen Lichtes und nach den Substanzen, welche als Träger desselben anzusehen wären. Wenn nun für die Beantwortung der letzten Frage die Spectralanalyse das einzige, und theoretisch genommen auch genügende Hilfsmittel bietet, so erfordert dagegen die Erörterung der erstern ausserdem noch die Zuziehung anderer Hilfsquellen der Physik, falls man hoffen soll über dieselbe Klarheit zu gewinnen. Es liegt nicht in meinem gegenwärtigen Plane auf diesen Punkt näher einzugehen, noch die in dieser Beziehung anderweitig aufgestellten Theorieen auseinanderzusetzen; — nach den schönen Untersuchungen Zöllner's[1]) aber, glaube ich unterliegt es kaum einem Zweifel, dass wir hier mit electrischen Processen zu thun haben, da an die einzigen noch übrigen Ursachen einer Lichtentwickelung, nämlich Verbrennung und chemische Processe im Allgemeinen, oder eine ursprüngliche Strahlung, aus leicht ersichtlichen Gründen hier kaum gedacht werden kann. Es erscheint diese Annahme um so wahrscheinlicher, als dadurch nicht nur die oben erwähnten, von Bessel, Struve und Anderen gemachten Beobachtungen über die äusseren Erscheinungen der Lichtentwickelung, wie es Zöllner nachweist, eine einfache und ungezwungene Erklärung finden, sondern auch weil gewisse Einzelheiten der Cometenspectra, wie wir sehen werden, auf einen electrischen Ursprung des Cometenlichtes hinweisen. Betrachtet man aber das Licht der Cometen als ein electrisches, so ist damit auch der Weg zur Beantwortung der zweiten Frage angezeigt. Dieser Weg besteht in einer möglichst genauen Vergleichung der Cometenspectra mit denjenigen der electrischen Entladung unter möglichst verschiedenen Bedingungen; in der Weise dürfte man hoffen können die Frage nicht nur in ihrer Allgemeinheit, sondern auch in vielen ihrer Einzelheiten einmal beantwortet zu sehen. Es ist bekannt, dass schon im Jahre 1868 Huggins[2]) derartige Vergleiche anstellte, und für den damals untersuchten Cometen (II 1868) zu dem Resultate kam, dass die Streifen des Cometenspectrums denjenigen des electrischen Funkens im ölbildenden Gase sehr genau entsprachen, wonach also für diesen Cometen der Schluss berechtigt schien, dass der Hauptbestandtheil desselben irgend ein Kohlenwasserstoff sei. Es war natürlich, dass diese Ansicht viele Anhänger finden musste, besonders wenn man die in den letzten Jahren entdeckten, nahen Beziehungen der Cometen zu den Meteoriten und den Umstand, dass in der Zusammensetzung der Letzteren selten Kohlenverbindungen fehlen[3]) näher berücksichtigt; — diese Ansicht aber, ohne detaillirte Untersuchung sofort auf alle anderen Fälle als Regel übertragen zu wollen, wie es anfangs geschah, kann jedenfalls nicht als be-

---

1) Zöllner: Ueber die Stabilität kosmischer Massen und die physische Beschaffenheit der Cometen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1871, p. 174. Ueber die Natur der Cometen, Leipzig 1872, p. 75. — Betreffs der geschichtlichen Entwickelung dieser Ideen über die Natur der cometarischen Phänomene, siehe Zöllner: Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. II. 2. Leipzig 1878.

2) Phil. Trans. 1868. p. 529.

3) Vergl. Wright. Sill. Journ. (3) Vol. IX. p. 294. X. p. 44. 1875.

rechtigt angesehen werden. Vogel[1]) zeigte auch, dass von den *neun* bis zum Ende des Jahres 1871 spectroskopisch untersuchten Cometen, nur bei *einem*, nämlich dem oben genannten Cometen (II 1868) die Uebereinstimmung mit dem Kohlenwasserstoffspectrum derartig befriedigend war, dass ein solcher Schluss unmittelbare Berechtigung hatte, dass aber bei den übrigen, grössere oder kleinere Abweichungen stattfanden, die jedoch, freilich ohne den allgemeinen Charakter des Spectrums zu beeinflussen, solche Modificationen desselben anzeigten, dass, vorläufig wenigstens, in Frage gebracht werden musste, ob nicht hier noch andere Einflüsse sich geltend gemacht hätten. Spätere Beobachtungen haben nun indessen Vogel zu der Ansicht geführt, dass diese Modificationen vielleicht nur in den speciellen physikalischen Verhältnissen der Cometenmaterie begründet sein könnten[2]), und dass also im Allgemeinen eine stoffliche Uebereinstimmung unter den Cometen wirklich angenommen werden könne; es liegt aber auf der Hand, dass diese, allerdings sehr wahrscheinliche Anschauung erst dann aus dem Bereiche der Hypothesen treten kann, als es gelingt in dem electrischen Spectrum der Kohlenwasserstoffe ähnliche Modificationen hervorzubringen, wie sie in den Cometenspectra factisch zu beobachten sind. Diese Aufgabe, auf deren grosse Wichtichkeit für die vorliegende Frage der Astrophysik Vogel auch hinweist, wäre also die, für welche zunächst eine Lösung gesucht werden musste; die Schwierigkeiten aber, die damit verbunden sind, sind in der That so bedeutend, dass es gegenwärtig wenigstens schwer sich übersehen lässt, wie damit zu Stande gekommen werden soll. Man sieht leicht ein, dass es hauptsächlich die Unmöglichkeit die quantitativen Verhältnisse der Natur auch nur im Entferntesten annähernd künstlich herzustellen ist, welche hier hindernd entgegentritt; um aber von diesen quantitativen Verschiedenheiten die beobachteten Abweichungen der Cometenspectra von den künstlichen ableiten zu können, muss offenbar zuerst die qualitative Seite der Aufgabe, die uns allein zugänglich ist, genau untersucht werden, was aber bisjetzt durchaus nicht in genügendem Maasse geschehen ist.

Nach dem Vorhergehenden dürfte der folgende Satz als feststehend betrachtet werden können:

Das Cometenlicht ist zum grössten Theil ein selbständiges, welches ein entschiedenes Gasspectrum giebt. Dies Spectrum zeigt in vielen Fällen eine grosse Uebereinstimmung mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe, in anderen weicht es aber ab, jedoch in solcher Weise, dass eine erweiterte Kenntniss der Spectra der Kohlenverbindungen, unter veränderten Bedingungen diese Modificationen möglicherweise aufklären kann.

---

1) Pogg. Ann. Bd. CXLIX. p. 400.
2) A. N. Bd. 85, p. 17.

Capitel II.

Ueber die Spectra der Kohlenverbindungen.

Ehe ich von diesen allgemeinen Umrissen zu dem detaillirten Studium der einzelnen, bisjetzt spectroskopisch untersuchten Cometen übergehe, dürfte es vielleicht nicht unzweckmässig erscheinen, zuerst eine kurze Uebersicht des gegenwärtigen Zustandes unserer Kenntnisse der Spectra der Kohlenverbindungen vorauszuschicken, besonders da, trotz mehrerer wichtigen in dieser Richtung bahnbrechenden Arbeiten, noch immer viel Confusion zum Vorschein kommt und es für die Folge nöthig sein wird die Ideen näher zu fixiren. Man findet nämlich häufig z. B. das Spectrum des *Kohlenoxyds* mit demjenigen der *Kohlenwasserstoffe* oder, was noch merkwürdiger ist, alle beide mit demjenigen der reinen elementaren *Kohle* verwechselt, obgleich in der That diese Spectra so verschieden sind, dass die Verwechselung nur durch eine ganz oberflächliche Bekanntschaft mit denselben erklärlich erscheint. Zwar muss man zugeben, dass die Spectralerscheinungen der Kohlenverbindungen bei weitem unbeständiger sind, als diejenigen anderer Körper und die Beobachtung lehrt, dass die oben genannten Spectra in derselben Verbindung oft sowohl zusammen auftreten, als auch mit einander abwechseln können; — eine nähere Verfolgung der in jedem Falle obwaltenden Verhältnisse zeigt aber bald, dass diese Erscheinungen ihre ganz besonderen Gründe haben und durchaus nicht den Schluss rechtfertigen können, dass dabei nur Modificationen eines einzigen Kohlenspectrums vorliegen. Die Annahme solcher «Modificationen», um die hier auftretenden Erscheinungen zu deuten, enthält nicht nur keine Erklärung derselben, sondern ist vielmehr nur eine Art die Frage bei Seite zu schieben, welche um so unnöthiger erscheint, als die hierüber veröffentlichten Untersuchungen schon jetzt genügen, um sich eine wissenschaftlich mehr befriedigende Ansicht bilden zu können. Na-

mentlich sind es die letzten Untersuchungen von Ångström und Thalén[1]), welche über diese Fragen Licht verbreitet haben, und es wäre vielleicht genügend gewesen nur auf dies Werk hier hinzuweisen, da darin sowohl die Hauptmomente der Entwickelung der Spectroskopie der Kohlenverbindungen als auch die beste bisjetzt existirende Deutung dieser Spectra enthalten sind. Nichtsdestoweniger glaube ich, dass eine erneuerte Betrachtung der Frage, sogar mit der Gefahr Bekanntes zu wiederholen, hier nicht überflüssig sein dürfte, wenn auch nur um den Vergleich mit den Cometenspectra zu erleichtern. —

Das Spectrum der Flamme Kohlenstoffhaltiger Gase scheint sehr früh bemerkt und beobachtet worden zu sein. Die erste Erwähnung desselben findet man bei Wollaston[2]), der bei seinen Untersuchungen über das Sonnenspectrum auf die Verschiedenheit aufmerksam macht, die zwischen diesem Spectrum und demjenigen des unteren blauen Mantels einer Kerzenflamme besteht. Fraunhofer[3]) beschreibt 12 Jahre später dasselbe Spectrum und J. Herschel[4]) erwähnt der Lichtmaxima im Spectrum der Alkoholflamme und derjenigen des Cyangases. Doch sind diese Beschreibungen sehr unvollkommen und erst Swan[5]) gab im Jahre 1856 eine auf genaue Messungen und Vergleichungen mit dem Sonnenspectrum begründete Beschreibung des Spectrums einer ganzen Reihe Kohlenverbindungen, sowohl solcher, die nur Kohle und Wasserstoff enthielten, als solcher, bei denen zu diesen Bestandtheilen noch der Sauerstoff hinzukam, also allgemein Verbindungen der beiden Gruppen:

$$C_m H_n \text{ und } C_m H_n O_p.$$

Das merkwürdigste Resultat, zu welchem diese Untersuchungen führten, war nun, dass *immer dasselbe Spectrum erhalten wurde, die Procent- Zusammensetzung der untersuchten Verbindung möchte sein welche sie wolle;* nur zeigte sich insofern ein Unterschied, dass der Glanz der Spectrallinien mit dem Gehalte der Verbindung an Kohle zunahm. Als Glühmittel wurde stets die Flamme eines Gasbrenners benutzt; wir werden aber gleich sehen, dass dieselben Erscheinungen auch unter Anwendung anderer Glühmittel, wie z. B. des electrischen Funkens wiederkehren.

Zum Studium dieses nach Swan's Ansicht allen Kohlenwasserstoffen gemeinschaftlichen Spectrums, wurde ein grösserer Theodolit, an dessen Kreis die Deviationen noch bis auf 10″ abgelesen werden konnten und ein Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel benutzt. Das Spectrum, welches, in diesem Instrumente gesehen, hauptsächlich aus drei Liniengruppen im Gelben, Grünen und Blauen bestand, wurde in der Weise gemessen, dass für die erste Linie jeder Gruppe die kleinste Deviation am Theodolitenkreise, für die übrigen aber

---

1) Ångström et Thalén: Recherches sur les spectres des Métalloïdes. Act. Ups. Ser. III, Vol. IX.

2) Wollaston: Method of examining refractive and dispersive powers. Phil. Trans. 1802.

3) Schumacher, Astron. Abhandl. Altona 1823 p. 16.

4) Pogg. Ann. Bd. XVI, p. 186. und Edinburg Trans. IX, p. 455.

5) Edinb. Trans. Vol. XXI.

durch mikrometrische Verbindung mit den ersten Linien bestimmt wurde. Mit Hilfe der gleichzeitig bestimmten Deviationen der Hauptlinien des Sonnenspectrums lassen sich hieraus die entsprechenden Wellenlängen ableiten. Bei der grossen Sorgfalt, mit welcher die Swan'schen Messungen ausgeführt sind, schien es mir interessant diese Reduction auszuführen und ich habe dazu die von Gibbs[1]) vorgeschlagene Formel:

$$\lambda_2^2 = \frac{n_3 - n_1}{\frac{n_2 - n_1}{\lambda_3^2} + \frac{n_3 - n_2}{\lambda_1^2}}$$

und die Ångström'schen Werthe der Wellenlängen der Sonnenlinien in Anwendung gebracht. In der Weise habe ich erhalten[2]):

Lage der Gruppen	Swan's Bezeichn.	λ
Gelb.	β	5634,1
	β_1	5582,1
	β_2	5537,9
	β_3	5500,1
Grün.	γ	5161,6
	γ_1	5126,7
Blau.	δ	4733,8
	δ_1	4712,4
	δ_2	4489,3
	δ_3	4670,2
Violett.	ε	4357,7
	ζ	4303,7

Wir werden später finden, dass diese Bestimmungen Swan's sich den neueren, mit besseren Hilfsmitteln ausgeführten Messungen vortrefflich anschliessen. —

Das Spectrum der Kohlenwasserstoffe ist aber in der Wirklichkeit nicht so einfach, wie es nach den eben mitgetheilten Beobachtungen Swan's erscheinen sollte. Schon kurze Zeit nachher gelang es Attfield[3]) durch Anwendung kräftigerer Apparate zu zeigen, dass die obigen Linien nur die ersten, scharfen Kanten der nach dem Violetten hin abschattirten Banden sind, aus denen das Spectrum besteht, und dass diese nüancirten Banden bei starker

1) Sill. Journ. (2) Vol. L. p. 45. 1870.
2) Die Wellenlängen sind hier, wie gewöhnlich, in Einheiten der 7-ten Decimale des Millim. ausgedrückt.
3) Phil. Trans. Vol. CLII. p. 221.

Vergrösserung sich in dichte Liniengitter auflösen, deren einzelne Linien nach der brechbareren Seite des Spectrums hin an Intensität abnehmen, während gleichzeitig ihre gegenseitigen Abstände wachsen[1]). Aus seinen Untersuchungen zog aber Attfield noch den weiteren Schluss, dass das fragliche Spectrum, nicht als den *Wasserstoffverbindungen* der Kohle, sondern der *Kohle* selbst gehörend angesehen werden musste; und zwar aus dem Grunde, weil dasselbe auch bei anderen Verbindungen der Kohle, sowohl mit *Sauerstoff* als mit *Stickstoff* und *Schwefel* regelmässig erschien. Es wird sich jedoch später, beim Studium der Ångström-Thalén'schen Untersuchungen zeigen, dass diese Ansicht nunmehr nicht aufrecht erhalten werden kann; dass vielmehr das von Swan beschriebene Spectrum wirklich den Kohlenwasserstoffen gehört, während das Spectrum der Oxyde der Kohle ein anderes ist, welches mit dem ersteren allerdings eine oberflächliche Aehnlichkeit besitzt, aber davon jedoch ganz wesentlich abweicht. —

In Attfields Abhandlung fällt aber eine Stelle etwas auf, weil sie mit der als Resultat der Untersuchung ausgesprochenen Ansicht über die Deutung des Spectrums schwer zu vereinen erscheint. Attfield erwähnt nämlich der bei der Entladung des electrischen Funkens in Cyan stattfindenden Decomposition des Gases, wodurch das characteristische Spectrum allmälich erlischt und nur dasjenige des Stickstoffs zurückbleibt, sowie auch, dass im ölbildenden Gase eine ähnliche Zersetzung stattfindet, ohne dass dabei indessen das Spectrum eine Veränderung erleide. Da nun Attfield weiter hervorhebt, dass das ölbildende Gas nach den Untersuchungen Berthelots durch den electrischen Strom zersetzt wird, dass aber das Product der Zersetzung nicht *Kohle* und *Wasserstoff*, sondern nur die einfachere Verbindung derselben das *Acetylen* ist, und darauf weiter hinzufügt: «Indeed as acetylen may according to Berthelot be formed from its elements under the influence of the electric discharge, it is inconceivable, that a hydrocarbongas could be perfectly decomposed in such a tube as I have described» so scheint es, als wäre es natürlicher gewesen das fragliche Spectrum, nicht der *Kohle*, sondern dem *Acetylen* zuzuschreiben, um so mehr, als das schattirte Aussehen der Streifen von derselben Natur ist, wie die schattirten Lichtmaxima, welche die Spectra anderer Verbindungen z. B. der Metalloxyde characterisiren.

Diese Deutung, auf die wir später ausführlicher zurückkommen werden, steht nur scheinbar mit dem oben erwähnten Versuche mit Cyangas in Widerspruch. Zwar war bei Attfield's Versuchen das aus Cyanquecksilber hergestellte Cyan getrocknet; ein Gas aber so vollständig auszutrocknen, dass keine spectroskopisch nachweisbaren Spuren von Feuchtigkeit zurückbleiben, dürfte wohl nur selten gelingen. Die Anwesenheit einer, wenn auch kleinen Menge Feuchtigkeit in der mit Cyan gefüllten Spectralröhre ist desshalb mehr als

1) Um eine bequeme Bezeichnung zu haben, würde man zweckmässig diese schattirten Banden als *Partialbanden* betrachten können, falls man jede der obigen Gruppen als eine einzige, nach dem Violetten hin abgestufte Bande ansieht. Diese Benennung wird später etwas Bequemlichkeit gewähren, wenn es sich um die Cometenspectra handelt, in denen wegen Lichtmangel selten von etwas Anderem als der ganzen Gruppe, als *einer* Bande, die Rede sein kann.

wahrscheinlich, und wenn nun unter dem Einflusse der electrischen Entladung Acetylen sich aus seinen Elementen aufbauen lässt, so ist das Auftreten dieser Verbindung und ihr Spectrum in den ersten Momenten des Durchgangs des Stroms sehr erklärlich. Diese Ansicht gewinnt noch mehr dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass der Russ, welcher bei unvollständiger Zersetzung kohlenhaltiger Gase ausfällt, nicht aus *reiner Kohle* besteht, sondern ausserdem noch *Wasserstoff* enthält, der sich nur bei Weissglühhitze in einer Atmosphäre von Chlor entfernen lässt[1]). Auf dieselben Ursachen lässt sich ohne Zweifel die Erscheinung des Swan'schen Spectrums in mit Kohlenoxyd gefüllten Röhren, welche Attfield beobachtet hat, zurückführen, wie es auch von Ångström und Thalén angenommen wird.

Das den Flammen der Kohlenwasserstoffe eigenthümliche Spectrum lässt sich nach den Versuchen v. d. Willigen's[2]) noch unter ganz anderen Verhältnissen beobachten, welche in der Zeit, in der die Beobachtungen angestellt wurden, die Attfield'sche Ansicht besonders zu bestätigen schienen. V. d. Willigen fand nämlich, dass, wenn der electrische Funken einer grossen Inductionsrolle zwischen Spitzen von Coaks oder gut getrockneter Holzkohle übersprang, dieselben Lichtmaxima auftreten, wie in der Flamme einer Kerze oder einer gewöhnlichen Oellampe und zog daraus in Uebereinstimmung mit Attfield den Schluss, dass diese Lichtmaxima «höchst wahrscheinlich nicht den Kohlenwasserstoffen selbst zugeschrieben werden müssen, da bei dem Uebergange des Funkens zwischen Coaks- oder Kohlenpolen schwerlich an eine Bildung von Kohlenwasserstoffen gedacht werden kann.»[3]) Gegenwärtig muss eher der entgegengesetzte Schluss gemacht werden, da die Feuchtigkeit der den Funken umgebenden Luft jedenfalls genügend sein konnte, um die Bildung des Acetylens zu ermöglichen. Für diese Ansicht würde daraus eine gute Stütze gewonnen werden können, falls es sich zeigen liesse, dass das mehrfach erwähnte Spectrum unter den gegebenen Bedingungen *nicht* auftritt, wenn man die Electroden mit einem vollkommen trocknen Gase umgiebt. Dies ist aber gerade was ein von Thalén ausgeführter Versuch zu ergeben scheint. — In einem mit Kohlenelectroden versehenen Glasrohre liess nämlich Thalén einen Strom von electrolytisch hergestelltem Sauerstoff cirkuliren und bekam beim Durchgehen des Funkens nicht das Swan'sche Kohlenwasserstoffspectrum, sondern eine Superposition der aus scharfen, getrennten Linien bestehenden Spectra des *Sauerstoffs* und der *Kohle*. Das Resultat würde ohne Zweifel dasselbe gewesen sein, falls trockne Luft angewandt worden wäre, nur würde dabei das Stickstoffspectrum neben demjenigen des Sauerstoffs auftreten.

Gegen das oben Gesagte würde vielleicht der Einwand gemacht werden können, dass in dem Thalén'schen Versuche die Schlagweite erheblich grösser als bei v. d. Willigen war, und dass demnach das Auftreten des Linienspectrums lediglich durch die eruptive

1) Vergl. Frankland: On the combustion of Hydrogen and Carbonic oxide in Oxygen under great pressure. Roy. Soc. Proc. Bd. XVI p. 419.

2) Pogg. Ann. Bd. CVII p. 473.

3) a. a. O. p. 477.

Natur der Entladung bedingt gewesen, während, falls die Schlagweite klein genommen wird, das Swan'sche Spectrum auch hier auftreten würde. Dies ist aber nicht der Fall. Denn wenn Thalén den Abstand der erwähnten Kohlenelectroden bis auf 5^{mm} verkleinerte und das Licht der ohne Leydner Flasche sich bildenden blassgrünen Lichthülle analysirte, so erschien ein Spectrum von ganz anderm Charakter, welches nach Ångström und Thalén dem Kohlenoxyde gehört.[1])

Für den Fall nun, dass die Ableitung der Erscheinungen bei dem v. d. Willigen'schen Versuche von der Feuchtigkeit der Luft im Schlagraume als nicht genügend begründet erscheinen sollte, lässt sich noch ein anderer Umstand hervorheben, welcher, wie es scheint, bei diesem Versuche möglicherweise einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss gehabt haben kann. Dieser Umstand besteht darin, dass sowohl Coaks als Holzkohle, sie mögen bei noch so hoher Temperatur hergestellt sein, stets einen, wenn auch kleinen, Rest von Wasserstoff enthalten, der sich nicht einmal bei einer der Schmelztemperatur des Platins gleichkommenden Hitze entfernen lässt[2]). Dieser Rest, der immer kleiner wird bei je höherer Temperatur die Verkohlung stattgefunden hat, beträgt jedoch im günstigsten Falle die noch sehr merkbare Quantität von 0.6 Proc., entsprechend einer Verkohlungstemperatur von 1500° und steigt bei niedrigeren Werthen dieser Temperatur sogar bis auf einige Procent. Die Anwesenheit dieses Wasserstoffs in der zu den Electroden benutzten Kohle, dürfte vielleicht unter Umständen genügen, um das Kohlenwasserstoffspectrum hervorzurufen.

Der Ordnung nach hätten wir nun die Untersuchungen Plücker's und Hittorf's über die Spectra der Kohlenverbindungen näher zu betrachten. Dies Studium dürfte jedoch mit grösserer Kürze und vortheilhafter vorgenommen werden können, nachdem die neuesten Untersuchungen von Ångström und Thalén genauer besprochen sein werden, da die dadurch zu gewinnende Einsicht in das Wesen dieser Spectra dasjenige, was in den Plücker'schen Untersuchungen als nicht zutreffend bezeichnet werden muss, besser wird hervortreten lassen. Die von Ångström und Thalén erhaltenen Resultate lassen sich folgendermaassen zusammenfassen. In dem an Details reichsten Spectrum aller Kohlenverbindungen, demjenigen des Cyans, lassen sich *acht* Bandengruppen unterscheiden, von denen die erste zwischen *B* und *C* des Sonnenspectrums, die letzte hinter *H* fällt. Ausser diesen Gruppen bemerkt man noch im Rothen eine besondere Gruppe, die von den übrigen sich dadurch wesentlich unterscheidet, dass in derselben die Lichtstärke von der violetten nach der rothen Seite abnimmt, während in den übrigen die Lichtabstufung eine entgegengesetzte ist. Unter den acht erwähnten Gruppen finden sich in den mittleren Theilen des Spectums *vier*, die im Spectrum *aller* Kohlenwasserstoffe regelmässig erscheinen und welche desshalb nach Ångström und Thalén für diese Verbindungen characteristisch sind. Diese Gruppen, von denen schon Swan drei beobachtet hat, sind in der Fig. I. (S. die Tafel) abgebildet, so wie

1) Ångström et Thalén. Rech. s. les Spectres des métalloïdes. p. 18.

2) Vergl. Graham-Otto: Lehrb. d. anorganischen Chemie. Bd. II p. 1071.

sie unter mässiger Dispersion und Vergrösserung erscheinen[1]), (Die erste derselben, im rothen Theile des Spectrums, tritt nur bei stärkerer Lichtentwickelung der Kohlenwasserstoff-Flammen auf und ist aus dem Grunde in der Swan'schen Untersuchung nicht mitgenommen worden). Ein ganz anderes Spectrum aber erhält man, wenn der electrische Funken in mit verdünntem *Kohlenoxyde* gefüllten Geisler'schen Röhren übergeht. Dies Spectrum, welches in der Fig. II abgebildet ist, besteht ebenfalls aus schattirten Banden, die aber nicht nur durch ihr Aussehen sondern vor Allem durch ihre Lage sich von den oben erwähnten der Kohlenwasserstoffe ganz wesentlich unterscheiden, und sich niemals im Spectrum des Cyans wiederfinden[2]). Ebenso treten die Banden der Kohlenwasserstoffe niemals in den mit Kohlenoxyd gefüllten Röhren auf, falls das Gas genügend gereinigt und getrocknet ist. Es lassen sich somit nach dem oben Mitgetheilten drei Spectra unterscheiden, welche die Kohlenverbindungen liefern können, nämlich: 1) ein Spectrum des *Cyans*, welches aus den beiden im Rothen und Blauen liegenden Reihen von Bandengruppen besteht, die im Spectrum des Cyangases zurückbleiben, nachdem die vier mittleren, dort auftretenden Gruppen herausgenommen sind; 2) ein Spectrum der *Kohlenwasserstoffe*, welches aus diesen letzteren *vier* Gruppen besteht, und 3) ein Spectrum des *Kohlenoxyds*, welches, von den beiden obigen ganz verschieden, bei der electrischen Entladung in mit diesem Gase gefüllten Geissler'schen Röhren auftritt.

Für die Ansicht, dass diese drei Spectra nicht als etwaige Modificationen eines einzigen Kohlenspectrums zu betrachten, sondern für die erwähnten *Verbindungen* der Kohle wirklich eigenthümlich sind, spricht nach Ångström und Thalén der Umstand, dass theils der spectroskopische Character der Banden vollkommen mit demjenigen der Spectralstreifen anderer Verbindungen wie z. B. der Oxyde der Metalle übereinstimmt, indem dieselben in beiden Fällen aus separaten, dicht aneinander gereihten, leuchtenden Linien zusammengesetzt sind, theils aber auch, dass es noch ein besonderes aus distincten Linien bestehendes Spectrum der *Kohle* giebt, welches in jeder Beziehung den bekannten Linienspectra der Metalle analog ist. Diese Analogie zwischen den Spectralerscheinungen der Kohle und ihrer Verbindungen einerseits und der Metalle und ihrer Verbindungen andrerseits beschränkt sich aber nicht nur auf das Aussehen der Spectra, sondern findet auch in Bezug auf die Entstehungsweise derselben statt. Die Entladung zwischen zwei Metallspitzen besteht nämlich, wie bekannt, aus zwei Theilen, dem *eigentlichen Funken* und der diesen umgebenden *Aureole* oder *Lichthülle*. Im ersteren ist die Entladung *disruptiv* und im Spectrum desselben treten nur die eigentlichen Metallinien auf, im letzteren dagegen *conti-*

1) Da die Ångström-Thalén'sche Abhandlung bei weitem nicht so verbreitet zu sein scheint, wie es wünschenswerth wäre, so habe ich es für geeignet erachtet in der beigefügten Tafel eine in halber Grösse ausgeführte Copie ihrer Zeichnung dieser Spectra zu geben. Nur dadurch glaube ich, dass die Eigenthümlichkeiten derselben klar zur Anschauung kommen können.

2) In mit stark verdünntem Cyan gefüllten Spectralröhren sind die Banden des Kohlenoxyds von Wüllner allerdings gesehen worden; es kann aber dies in der grossen Verdünnung seinen Grund haben, da bekanntlich unter solchen Umständen jede Spectralröhre das Kohlenoxydspectrum zeigen kann. Vergl. Pogg. Ann. Bd. CXLIV p. 517.

nuirlich mit einem aus den Linien des Mediums, in dem die Entladung stattfindet, oder irgend einer Verbindung desselben mit den Electroden bestehenden Spectrum. Ebensolche Verhältnisse treten bei Anwendung von Kohlenelectroden auf. Die Aureole giebt hier resp. das Spectrum des *Cyans* der *Kohlenwasserstoffe* oder des *Kohlenoxyds* jenachdem die Electroden von *Stickstoff*, *Wasserstoff* oder *Sauerstoff* umgeben sind, während im eigentlichen Funken die *Kohlenlinien* erscheinen[1]). Dass die fraglichen Bandenspectra also zusammengesetzten Körpern gehören, dürfte hiernach wohl kaum irgend einem Zweifel unterliegen. Das reine Spectrum der Kohle aber hat ein ganz anderes Aussehen und besteht aus einigen scharfen Linien, von welchen besonders zwei, eine im Rothen nahe C ($\lambda = 6580$)[2]) und eine nahe G ($\lambda = 4266$) characteristisch sind, wie aus der Fig. II zu ersehen ist. Dies Spectrum ist bei den Cometen bisjetzt nie angetroffen worden.

Dasselbe Spectrum, welches eben als dem Kohlenoxyde gehörig bezeichnet worden ist, erhält man auch in mit Kohlensäure gefüllten Geissler'schen Röhren, da bekanntlich die Kohlensäure durch den electrischen Strom zersetzt wird. Es scheint somit, als wenn dies letztere Gas kein eigenes Spectrum besitze; Ångström und Thalén halten es aber aus gewissen Gründen für wahrscheinlich, dass die oben erwähnte rothe Gruppe im Cyanspectrum möglicherweise der Kohlensäure gehören könnte. Diese Frage hat indessen für unsere gegenwärtige Untersuchung kein besonderes Interesse, da in den Spectra der Cometen diese Gruppe nicht vorkommt.

Kehren wir jetzt zu den Untersuchungen Plücker's und Hittorf's[3]) zurück, so finden wir fast dieselben Erscheinungen beobachtet, welche eben beschrieben worden sind, nur ist die Deutung eine andere, die indessen nunmehr nicht aufrecht erhalten werden kann. Von den untersuchten Kohlenverbindungen wird zuerst das *Cyan* besprochen und das Spectrum der Flamme desselben in Luft oder Sauerstoff ausführlich beschrieben. Die einzelnen acht Gruppen sowie die eigenthümliche rothe Gruppe sind auch hier beobachtet worden, werden aber der Kohle zugeschrieben, während es aus den oben auseinandergesetzten Untersuchungen Ångström's und Thalén's folgt, dass die vier Plücker'schen Gruppen *a*, *b*, *c*, *d*, die mit den in der Fig. I abgebildeten identisch sind, als das Spectrum der Kohlenwasserstoffe bezeichnet werden müssen. Dies scheinen sogar Plücker's eigene Versuche anzudeuten. Bei der Verbrennung von ölbildendem Gas sowohl in Luft als in Sauerstoff erschien nämlich ein Spectrum, welches *nur* aus diesen Gruppen bestand, während alle übrigen in der Cyanflamme sichtbaren Gruppen spurlos verschwunden waren. Wesentlich dieselbe Erscheinung konnte bei der Entladung des Inductionsstromes mit eingeschalteter

---

1) Ångström et Thalén a. a. O. p. 13.

2) Nach Ångström und Thalén ist die Linie doppelt mit den resp. Wellenlängen: 6583.0 und 6577.5. Das Mittel 6580.2 stimmt gut mit Huggins's Messungen, nach denen die Linie in seiner Skala auf 580.5 fällt, was in Wellenlängen 6580.3 entspricht. Vergl. Phil. Trans. 1864. p. 145.

3) Phil. Trans. Vol. CLV 1865, p. 15.

Leydner Flasche beobachtet werden, und nicht nur bei diesem Gase, sondern auch bei anderen Kohlenwasserstoffen wie *Sumpfgas*, *Methyl* und *Acetylen*[1]).

In Röhren, die mit Kohlenoxyd gefüllt waren, wurden Spectralerscheinungen beobachtet, deren Beschreibung[2]) befriedigend zu Thalén's Zeichnung des Kohlenoxydspectrums passt. Denkt man sich nämlich in der Plücker'schen Zeichnung diejenigen Gruppen, welche nach dem Vorhergehenden den Kohlenwasserstoffen gehören, weg, so bleiben einige breite, schattirte Felder übrig, die den Hauptstreifen der Ångström-Thalén'schen Zeichnung entsprechen, und nach Plücker *allein* auftreten, wenn entweder die Stärke der Entladung und der Druck des Gases eine gewisse Grenze überschreitet, oder wenn die Verdünnung soweit getrieben wird, dass im Rohre nur Spuren des Gases zurückbleiben. (Vergl. p. 11 Note 2.) Dass in der Plücker'schen Zeichnung des Kohlenoxydspectrums auch die Bandgruppen der Kohlenwasserstoffe vorkommen, rührt nach Ångström und Thalén von der Anwesenheit der Feuchtigkeit her, wie schon oben erwähnt worden ist, und auch Plücker hat in dem electrischen Funken zwischen Kohlenspitzen in einer Atmosphäre von Wasserstoff ein Spectrum beobachtet, welches demjenigen der Kohlenwasserstoffe genau entspricht.

Einen wichtigen Beitrag zur Kenntniss der Spectralerscheinungen der Kohlenverbindungen bilden die Untersuchungen Wüllner's[3]). Bei seinen Untersuchungen über die Spectra der Gase in Geissler'schen Röhren hatte Wüllner in einer mit Sauerstoff gefüllten Röhre, ausser dem schon von Plücker beschriebenen Linienspectrum des Sauerstoffs noch zwei andere Spectra, nämlich ein aus mehreren breiten, nach dem Violetten hin abschattirten, hellen Streifen bestehendes und ein zweites Linienspectrum beobachtet[4]), welche Spectra allemal dann auftraten, wenn bei starker Verdünnung des Gases der Inductionsstrom einer kleinen Ruhmkorff'schen Rolle resp. unter Einschaltung einer Leydner Flasche hindurchgeführt wurde. Diese Spectra wurden damals sämmtlich dem *Sauerstoff* zugeschrieben. Eine später erfolgte Vergleichung des Bandenspectrums mit den von Watts[5]) publicirten Untersuchungen über die Spectra der Kohlenverbindungen, sowie die Bemerkung Plückers, dass in jeder stark ausgepumpten Röhre das Kohlenoxydspectrum entsteht, (s. oben) liess, wegen der grossen Ähnlichkeit der beiden Spectra, die Vermuthung wahrscheinlich erscheinen, dass dies Bandenspectrum der Sauerstoffröhre in der That auf Kohle oder auf irgend eine Verbindung derselben zurückzuführen sei, und um hierüber näheren Aufschluss zu erhalten, wurden die vorliegenden Untersuchungen unternommen. Die dabei näher studirten Kohlenverbindungen waren *Kohlensäure*, *Kohlenoxyd*, *Aethylen*, *Grubengas* und *Cyan;* da aber die Erscheinungen bei wechselndem Drucke und verschiedenen Entladungsarten in allen Fällen und besonders was Kohlensäure und Kohlenoxyd betrifft ein-

1) a. a. O. p. 19.
2) a. a. O. p. 18.
3) Pogg. Ann. Bd. CXLIV p. 481.
4) Pogg. Ann. Bd. CXXXV p. 515 — 523.
5) Phil. Mag. 1869.

ander sehr nahe parallel gehen, so wird es hier genügen dieselben nur bei Kohlensäure eingehender zu betrachten.

Führt man durch eine mit Kohlensäure unter geringem Drucke gefüllte Röhre den einfachen Strom einer Inductionsrolle, so erscheint ein Spectrum, welches der Hauptsache nach mit der oben von Thalén für Kohlenoxyd gegebenen Zeichnung übereinstimmt. Dies ist auch mit Wüllner's Untersuchungen über das Spectrum des Kohlenoxyds in Einklang. Im Rothen und Violetten Theile des Kohlensäurespectrums meint Wüllner indessen einige Einzelheiten beobachtet zu haben, welche im Spectrum des Kohlenoxyds nicht wahrzunehmen sind; — es scheinen aber dieselben nicht genügend ausgeprägt, um einen reellen Unterschied der beiden Spectra definitiv festzustellen. Lässt man nun den Druck allmälich steigen, so verschwinden die feineren Einzelheiten des Spectrums mehr und mehr, und bei etwa 60^{mm} Druck sind nur die Hauptschattirungen zu sehen, für deren scharfe, nach dem Rothen hin liegende Grenzen die folgenden Wellenlängen aus Wüllners Beobachtungen sich ableiten lassen:

Streifen	I	$\lambda = 610.8$ (In Einheiten d. 6. Stelle).
	II	$= 561.1$
	III	$= 519.6$
	IV	$= 483.3$
	V	$= 451.7$
	VI	$= 439.7$.

Bei weiterer Steigerung des Druckes zieht sich das Spectrum von den Enden aus mehr und mehr zusammen, so dass bei 90^{mm} Druck die Streifen I und VI schon sehr schwach und bei 120^{mm} ganz verschwunden sind. Bei 160^{mm} Druck sind II und V sehr schwach und bei 200^{mm} auch die übrigen Streifen. Dies ist mit Plücker's Beobachtungen in voller Uebereinstimmung. Vermehrt man aber noch mehr den Druck, so wächst der Glanz des Spectrums wieder, es schlägt jedoch dabei in ein ganz anderes über, welches mit dem schon von Swan beschriebenen Kohlenwasserstoffspectrum identisch ist, und welches auch bei kleinerem Drucke erscheint, wenn gleichzeitig eine Leydner Flasche in den Kreis des Inductionsstroms eingeschaltet wird. Nach Wüllner treten nämlich die folgenden Gruppen auf:

Bei $\lambda = 563.3$	Erste Linie einer aus mehreren gleich weit auseinanderstehenden Linien bestehenden Gruppe.
» $= 515.7$	Anfang einer zweiten Cannelirung, welche aus vier nahe äquidistanten Linien besteht. Die übrigen Linien haben die beiläufigen Wellenlängen:
511.9	
508.5	
505.3	

Bei $\lambda = 473.6$ Dritte Gruppe. Vier Linien. Die letzte doppelt.
471.2
. . . .
467.4

Man sieht, dass dies der disruptiven Entladung entsprechende Spectrum nichts anderes ist, als das gewöhnliche Spectrum der Kohlenwasserstoffe. Wüllner bezeichnet dasselbe uneigentlicherweise als ein Linienspectrum, es ist aber, ebenso wie das Vorhergehende, entschieden ein Bandenspectrum, denn die oben aufgeführten hellen Linien sind, wie schon erwähnt (p. 7), nur besonders hervorragende Lichtmaxima auf den von Roth nach Violett hin abgestuften Bandengruppen, welche bei genügender Vergrösserung dieselbe gitterartige Structur zeigen wie die Streifen des Kohlenoxyds. Dies ist schon von Attfield beobachtet und wird ausdrücklich von Plücker und Hittorf betont[1]).

Von diesen beiden Spectra ist das erste gerade dasjenige, welches Wüllner in stark ausgepumpten Sauerstoffröhren vorher gefunden hat, wie schon von Ångström nachgewiesen worden ist[2]). Während aber Ångström und Thalén dasselbe auf Kohlenoxyd zurückführen, betrachtet es Wüllner als ein Bandenspectrum der *Kohle selbst*. Ebenso soll das zweite Spectrum ein Linienspectrum der Kohle sein, da es aber, wie erwähnt, durchaus kein Linienspectrum im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, so wären nach Wüllner der *Kohle* zwei Bandenspectra zuzuschreiben, was gegenüber der Ångström-Thalen'schen Deutung dieser Spectra wenig wahrscheinlich erscheint.

Oben wurde erwähnt, dass, wenn der Druck in einer mit Sauerstoff gefüllten Röhre auf ein Minimum gebracht und der Strom eines mit einer Leydner Flasche verbundenen Inductoriums durch dieselbe hindurchgesandt wurde, statt des eben besprochenen Kohlenoxydspectrums ein neues, vom gewöhnlichen Sauerstoffspectrum ganz verschiedenes Linienspectrum, erschien[3]). Da dasselbe unter ganz ähnlichen Verhältnissen in mit *Kohlensäure* und mit *Kohlenoxyd* gefüllten Röhren auftrat[4]), so wird es von Wüllner nun als ein besonderes Linienspectrum der *Kohle* und nicht des *Sauerstoffs*, wie es anfangs geschah, bezeichnet; — Ångström hat aber gezeigt, dass dieses Spectrum der Hauptsache nach dasjenige des aus dem Glase der Röhre sich entwickelnden *Chlors* ist[5]), wozu bei den Kohlensäureröhren sich noch die Hauptlinien des *Quecksilbers* hinzufügen lassen, welche bei starker Verdünnung durch die Verbindung der Röhre mit der Quecksilberluftpumpe entstehen. Dies geht aus der folgenden Zusammenstellung deutlich hervor. In derselben sind ausser den Wellenlängen der Linien noch ihre relativen Intensitäten nach Thalén (J_1) und Plüc-

1) a. a. O. p. 15. «But these lines of a measurable breadth and a quite different appearance, are not to be confounded with the bright lines, which in the case of nitrogen and sulphur, for instance, constitute spectra of the second order».

2) Pogg. Ann. Bd. CXLIV. p. 305.
3) Pogg. Ann. Bd. CXXXV. p. 521.
4) Pogg. Ann. Bd. CXLIV. p. 493.
5) Pogg. Ann. Bd. CXLIV p. 305.

ker (J_2) mit aufgenommen, welche Intensitäten, von den stärksten zu den schwächsten Linien fortschreitend von Thalén durch die Zahlen 1...6, von Plücker durch 12...1 bezeichnet sind.

Wüllner's Linienspectrum der Kohle.		Chlor [1]).		Quecksilber [2]).	
λ.	Beschreibung.	λ.	J_1 J_2.	λ.	J_1 J_2.
579.9	Helle gelbe Linie			578.9	1. 10.
577.6	idem			576.9	1. 10.
567.6	Beginn einer schmalen Gruppe.				
545.6	Anfang einer Gruppe von 4 Linien	545.5	4. 10.	546.0	1. 12.
		544.3	3. 10.		
		542.3	2. 10.		
539.7	Ende	539.2	2. 10.		
520.9	Erste Linie einer breiten Liniengruppe	522.0	2. 10.		
		521.6	1. 10.		
500.5	Helle Doppellinie.				
493.7	Erste Linie einer Gruppe von 4 Linien.	493.5	6. 2.		
		492.3	3. 4.		
		491.6	2. 4.		
		490.3	2. 6.		
488.9	Letzte	489.5	2. 6.		
482.2	Erste Linie einer Liniengruppe	481.8	1. 10.		
		481.0	1. 10.		
479.7	Letzte	479.3	1. 10.		
464.4	Gruppe von 3 Linien, deren Mitte	464.8	4.		
		464.0	6.		
		463.8	4.		
436.7 432.7	Schwache Gruppe.	434.6	10.	435.8	1. 12.
427.0	Helle violette Linie.				

1) Thalén: Om Spectra, tillhörande Yttrium, Erbium, Didym och Lanthan. Swenska Wet. Akad. Handlingar Bd. 12. № 4. p. 8. Stockholm 1874.

Watts: Index of Spectra. p. 22.
Salet: Spectres des Métalloïdes. Paris 1872. p. 25.

2) Acta Upsal. Ser. III. Vol. VI. 1868.

Man sieht, dass fast alle Linien dieses von Wüllner der Kohle zugeschriebenen Spectrums sich mit einer auffallenden Regelmässigkeit in den Spectra des *Chlors* und des *Quecksilbers* wiederfinden. Nichts kann desshalb mehr begründet sein, als die Ansicht Ångström's, nach welcher das fragliche Spectrum auch hauptsächlich von *Chlor* herrührt, und dies um so mehr, als diejenigen Linien des Quecksilbers und des Chlors, welche hier in Frage kommen, gerade *sämmtlich die stärksten sind, welche die Spectra dieser Körper überhaupt aufzuweisen haben.* Sobald aber ein Spectrum als Verunreinigung eines anderen auftritt, ist es natürlich, dass zunächst die stärksten Linien desselben erscheinen müssen, und hier ist dies, Linie für Linie der Fall. Wollte man mit Wüllner eine solche Identification zweier Spectra nicht als befriedigend ansehen, sondern für die Entscheidung über die Natur eines unbekannten Spectrums eine auf *alle* Linien desselben sich erstreckende Coincidenz mit bekannten Spectrallinien verlangen[1]), so würde man gewiss selten oder nie in die Lage kommen, ein Spectrum identificiren zu können. Wenn man in einem Spectrum z. B. zwei schwache, gelbe Linien an der Stelle der *D*-Linien des Sonnenspectrums beobachtet, so wird es gewiss Niemandem einfallen auf die Gegenwart irgend eines anderen Körpers als Natrium zu schliessen, obgleich die übrigen *bekannten* Linien dieses Metalls vollkommen vermisst werden. Dass man aus der Uebereinstimmung einiger wenigen, isolirten Linien im Allgemeinen nicht auf die Identität zweier Spectra schliessen darf, ist allerdings vollkommen richtig; sobald aber, wie hier, ganze Gruppen, und dazu die am meisten hervorragenden des ganzen Spectrums übereinstimmen, so ist unbedingt der Schluss auf eine Identität bei weitem wahrscheinlicher, als die Hypothese eines neuen Spectrums.

Lässt man bei eingeschalteter Leydner Flasche den Druck des Gases allmälich steigen, so wird der Hintergrund des Spectrums immer heller, schliesslich continuirlich, und die vorher sichtbaren Banden des Kohlenwasserstoffspectrums treten mehr und mehr zurück. Gleichzeitig blitzen einzelne der oben erwähnten Linien hervor, und sobald der Druck eine genügende Grösse erreicht hat, sind sie fast alle auf hellem Hintergrunde zu sehen[2]). Dies entspricht vollkommen den Umständen der Erscheinung derselben in stark evacuirten Röhren, denn in beiden Fällen muss der Widerstand, den der Strom zu überwinden hat, sehr bedeutend sein, und demzufolge die Verflüchtigung der Bestandtheile des Glases leichter erfolgen können.

Fassen wir die Resultate der vorhergehenden Betrachtung der Wüllner'schen Untersuchung über die Spectra der Kohlenverbindungen kurz zusammen, so stellt es sich heraus, dass von den vier besprochenen, in mit diesen Verbindungen gefüllten Röhren auftretenden Spectra, welche Wüllner sämmtlich der *Kohle* zuschreibt, eigentlich *gar keines der Kohle als Element* gehört. Das in Kohlensäure- und Kohlenoxydröhren bei geringem Druck und einfachem Inductionstrom entstehende Bandenspectrum gehört dem *Kohlenoxyde;* — das in denselben Röhren bei grösserem Druck ohne Leydner Flasche oder bei kleinerem Druck

1) Siehe: Pogg. Ann. Bd. CXLIV p. 524.

2) Pogg. Ann. Bd. CXLIV p. 496.

mit Flasche beobachtete Bandenspectrum (unrichtig Linienspectrum genannt) ist das gewöhnliche Swan'sche *Kohlenwasserstoffspectrum*, und das bei minimalem Drucke auftretende Linienspectrum gehört *Quecksilber* und *Chlor*. Was schliesslich das *continuirliche* Spectrum, welches die Röhren bei hohem Druck unter dem Einflusse der Flaschenentladung geben, betrifft, so lässt sich dasselbe schwerlich als ein besonderes *Kohlenspectrum* auffassen, da nach Wüllner's eigenen Untersuchungen auch andere Gase unter ähnlichen Bedingungen continuirliche Spectra geben, und man gewöhnlich an das Spectrum eines Körpers die Vorstellung von Etwas für denselben characteristischem knüpft.

Von dem oben (s. 12) erwähnten, von Ångström und Thalén schon im Jahre 1863 beobachteten, wirklichen Linienspectrum der Kohle hat Wüllner nur die rothe, nahe bei *C* des Sonnenspectrums liegende Linie beobachtet, falls nicht möglicherweise die in der obigen Tafel vorkommende helle Linie bei $\lambda = 427$ mit der hellen Kohlenlinie $\lambda = 426.6$ (Thalén) zu identificiren ist. Die fragliche, auch von Huggins und Watts beobachtete rothe Linie erschien sowohl in *Kohlensäure* als in *Kohlenoxyd*, wenn die Leydner Flasche in die Leitung eingeschaltet wurde und die Entladung demnach eine grössere Intensität erreichte. In *Kohlensäure* schien übrigens dieselbe bei kleinerem Drucke als in *Kohlenoxyd* zum Vorschein zu kommen.

Nach der obigen Uebersicht der Hauptresultate Wüllner's in Bezug auf die Spectra der Kohlenverbindungen, muss ich gestehen, dass ich in denselben keine Widerlegung der von Ångström und Thalén gegebenen Theorie dieser Spectra zu sehen vermag. Dass die Frage noch nicht als endgültig erledigt betrachtet werden kann, unterliegt keinem Zweifel;— von allen bisjetzt aufgestellten Erklärungen dieses schwierigen Theils der Spectralanalyse ist aber die Ångström-Thalén'sche ohne Zweifel diejenige, welche physikalisch am besten begründet zu sein scheint. Diese Ansicht wird auch der Hauptsache nach von Salet[1]), sowie neuerdings von Piazzi-Smyth[2]) getheilt, da diese Beobachter zu Resultaten geführt worden sind, welche mit denjenigen von Ångström und Thalén sich recht gut zusammenstellen lassen.

Die Hauptergebnisse der verschiedenen, bisjetzt vorliegenden Untersuchungen über die Spectra der *Kohle* und *ihrer Verbindungen* dürften nun in den folgenden, als die Erscheinungen am besten darstellend anzusehenden Sätzen zusammengefasst werden können:

1) *Die Kohle giebt ein eigenes aus scharfen, getrennten Linien bestehendes Spectrum, welches in jeder Beziehung denjenigen anderer Radicale analog ist.*

2) *Die Verbindungen der Kohle mit den s. g. permanenten Gasen haben ihre besonderen Spectra, von ganz verschiedenem Aussehen. Während aber das Spectrum des Cyans und des Kohlenoxyds nur für diese Gase gelten, haben alle Kohlenwasserstoffe gemeinschaftlich ein einziges, von der procentischen Zusammensetzung derselben unabhängiges Spectrum.*

---

1) Salet: Spectres des Métalloïdes, p. 15 u. 60. | 2) Phil. Mag. 1879. Aug.

Was nun die Erklärung dieses Verhaltens der Kohlenwasserstoffe in spectroskopischer Beziehung betrifft, so wäre die einfachste die, dass stets bei der Verbrennung derselben oder beim Durchgang des electrischen Stroms ein und dasselbe Product entstehe; eine Annahme, die auch mit dem Satze, dass jeder Körper, einfach oder zusammengesetzt ein einziges eigenes Spectrum besitzt, in Einklang steht. Es ist schon oben angedeutet, dass sowohl die Versuche von Attfield als die von V. d. Willigen in Verbindung mit dem von Berthelot bewiesenen Satze, dass bei jeder unvollständigen Verbrennung der Kohlenwasserstoffe Acetylen entstehe, auf diese Verbindung als Ursache des fraglichen Spectrums hinweisen; definitiv ausgesprochen ist aber diese Ansicht erst von Ångström und Thalén[1]). Sie ist um so wahrscheinlicher, als Acetylen sich aus seinen Elementen unter dem Einflusse des electrischen Stromes aufbauen lässt und eine ganze Reihe Kohlenverbindungen sich daraus ableiten lassen. Wenn aber Acetylen unter dem Einflusse des electrischen Stromes *entstehen* kann, so muss es auch unter demselben Einflusse *bestehen* können und also auch dasjenige Product sein, welches aus den complicirteren Kohlenverbindungen bei ihrem Erhitzen zunächst sich bildet. Dies stimmt auch mit der von Huggins gemachten Beobachtung, dass die rothe Kohlenlinie sehr gut in Röhren, die mit Kohlensäure oder Kohlenoxyd gefüllt sind, auftritt, aber nicht in Kohlenwasserstoffröhren. Lässt man aber durch Anwendung eines starken Condensators die Entladung eine bedeutende Intensität erreichen, so erscheint die Linie auch im letzteren Falle[2]), was demnach ein Beweis wäre, dass die Dissociation wenigstens theilweise noch weiter getrieben werden kann.

Zu den beiden obigen Sätzen über die Spectralerscheinungen der Kohle und ihrer Verbindungen kann also noch der folgende gefügt werden:

Das allen Kohlenwasserstoffen gemeinschaftliche Spectrum gehört mit grosser Wahrscheinlichkeit dem Acetylen.

Zur Vervollständigung des hier gegebenen kurzen Ueberblicks der Spectroskopie der Kohle und ihrer Verbindungen mögen nun noch die Resultate der darüber angestellten Wellenlängenbestimmungen erwähnt werden, um bei der unten folgenden speciellen Betrachtung der Spectra der Cometen sichere Anhaltspunkte zu gewinnen. Die aus Swan's Messungen folgenden Werthe für die Hauptlinien des Kohlenwasserstoffspectrums sind schon oben mitgetheilt, und beziehen sich, wie dort bemerkt, auf die scharfen Linien, welche die Partialbanden der einzelnen Gruppen des Spectrums nach der weniger brechbaren Seite

1) Eine sehr intressante experimentelle Bestätigung dieses Satzes hat neulich J. Devar (Widemann's Beiblätter Bd. IV p. 39, 1880) geliefert, indem er die Existenz des Acetylens im electrischen Flammenbogen direct nachgewiesen hat. Die Electroden waren der Länge nach durchbohrt und die sich bildenden Gase wurden durch diese Canäle ausgesaugt. Es ergab sich dabei, dass, wenn Luft durchgezogen wurde, grosse Mengen Cyanwasserstoff entstanden, während das Durchziehen von Wasserstoff durch den positiven Pol die Bildung von Acetylen veranlasste. (Vergl. hiermit die Ableitungen p. 10).

2) Ångström u. Thalén a. a. O. p. 12.

desselben begrenzen. Die Messungen von Ångström und Thalén, welche ohne Zweifel die schärfsten sind, die wir besitzen, werden weiter unten in der Uebersichtstafel aufgeführt werden, jedoch nur insoweit sie sich auf die Begrenzungslinien der Partialbanden beziehen; — die für die feinen, diese Banden constituirenden, Linien von Ångström und Thalén ausgeführten mikrometrischen Bestimmungen sind Details, welche für das Studium der Cometenspectra keine Anwendung haben, wesshalb auch in dieser Beziehung auf die Originalabhandlung verwiesen werden kann.

Eine Flamme, welche das Kohlenwasserstoffspectrum sehr schön zeigt, ist diejenige des *Benzols* oder *Triacetylens*. Diese polymere Modification des Acetylens entsteht bekanntlich, wenn das letztere bis auf eine etwas unter Rothglühhitze liegende Temperatur erhitzt wird. Das Spectrum desselben hat Vogel[1]) bei Gelegenheit seiner Beobachtungen über das Spectrum des Encke'schen Cometen studirt, und für die scharfen Kanten der ersten Partialbanden jeder Gruppe die Wellenlängen bestimmt. Diese Bestimmungen sind auch in der folgenden Tafel aufgenommen. Solange aber die Benzolflamme nur in Luft brennt ist die Intensität des Spectrums nicht besonders gross; treibt man aber einen Strom von Sauerstoff in die Flamme, so steigt der Glanz und die Deutlichkeit des Spectrums sehr erheblich und ich habe dadurch die Möglichkeit gefunden eine mehr detaillirte Wellenlängenbestimmung des Spectrums vorzunehmen, als die oben erwähnte von Vogel. Die Flamme wurde in der Weise hergestellt, dass ein Luftstrom von constantem, beliebig zu bestimmendem Druck durch eine etwa zollhohe Schicht von Benzol in einer Woulff'schen Flasche getrieben, dort mit Benzoldämpfen gemischt und darauf an der Mündung einer Glasröhre angesteckt wurde. Die dadurch erhaltene Flamme zeigt einen schönen, blauen Conus und brennt ruhig, ohne alle Gefahr. Von einem Gasometer wurde durch eine seitwärts angebrachte, zugespitzte Röhre Sauerstoff in die Flamme geführt. Die rothgelbe Gruppe, die ohne Sauerstoff nicht erscheint, tritt bei dieser Anordnung recht deutlich hervor. In dem von mir benutzten Steinheil'schen Spectroskope[2]) waren die Partialbanden sehr schön zu sehen, doch genügte die Dispersion nicht, um dieselben in die feinen Linien aufzulösen, welche von Attfield, Plücker, Ångström und Thalén beobachtet worden sind, was indessen für den vorliegenden Zweck ohne Bedeutung ist. Die Wellenlängen wurden durch mikrometrische Verbindung der Linien mit naheliegenden Linien des *Bariums*, *Kupfers*, *Zinks* und *Cadmiums* abgeleitet, deren Wellenlängen Thalén's Tafeln entnommen wurden. Der Grund,

1) Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1871 p. 649.

2) Das bei diesen und allen weiter unten zu beschreibenden Spectralversuchen benutzte Spectroskop war von der gewöhnlichen Steinheil'schen Construction. Die Focalweiten des Collimators und des Beobachtungsfernrohrs waren resp. 27,0 und 27,5 Cent. und die Öffnungen der Objective resp. 28 und 26 mill. — Es wurden abwechselnd zwei Prismen benutzt, nämlich ein gewöhnliches Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel und ein Steinheil'sches zusammengesetztes s. g. Thalliumprisma. Für mikrometrische Messungen wurde das ursprüngliche Ocular mit Fadenkreuz durch ein anderes mit Schraubenmikrometer ersetzt. Das Instrument gehört dem Technologischen Institute in St. Petersburg und ich benutze hier die Gelegenheit Herrn Prof. Lenz für die freundliche Zuvorkommenheit mir dasselbe zur Disposition zu stellen meinen besten Dank auszusprechen.

wesshalb nicht das Sonnenspectrum benutzt wurde, war der, dass, wegen der grossen Intensitätsdifferenz der beiden Spectra, die Spaltbreite sehr verschieden hätte genommen werden müssen, was aber, da der Spalt sich nur einseitig öffnet, zu systematischen Fehlern in der relativen Lage der Linien der beiden Spectra Veranlassung hätte geben können. Die erhaltenen Wellenlängen sind in der folgenden Tafel enthalten. In derselben habe ich noch einige Bestimmungen von Watts mit aufgenommen, obgleich ich dieselben nur aus einem Referat kennen gelernt habe [1]).

Tafel der Wellenlängen der Hauptlinien im Spectrum der Kohlenwasserstoffe.

	Swan.	Ångström u. Thalén.	Vogel.	Hasselberg.	Watts.	Mittel.
Rothe Gruppe.	—	6187.3	—	6186.4	—	6186.8
	—	6119.0	—	6121.0	—	6120.0
	—	6056.3	—	6050.8?	—	6153.5?
	—	6000.8	—	5993.0?	—	5996.9?
	—	5953.5	—	5951.0	—	5952.2
Gelbe Gruppe.	5634.1	5633.0	5632.0	5636.4	5634.7	5634.0
	5582.1	5583.0	—	5585.1	5585.5	5583.9
	5537.9	5538.0	—	5537.5	5542.3	5538.9
	5500.1	5500.0	—	5500.6	5503.5	5501.0
	—	5466.0	—	5471.6	5478.4	5472.0?
Grüne Gruppe.	5761.6	5164.0	5164.0	5164.4	5165.5	5163.9
	5126.7	5128.0	—	5128.2	5130.4	5128.3
	—	5097.5	—	5096.9	5100.0	5098.1
Blaue Gruppe.	4733.8	4736.0	4742.0	4734.8	4739.8	4737.3
	4712.4	4714.0	—	4712.8	4717.2	4714.1
	4689.3 [2])	4697.0	—	4695.3	4698.4	4696.9
		4682.0	—	4683.5	4684.2	4683.2
	4670.2	—	—	4676.7	4677.0	4674.6
Violette Gruppe.	—	4311.0	—	—	—	—

Von diesen Bestimmungen sind diejenigen von Ångström und Thalén ohne Zweifel die schärfsten, da sie mit bedeutend kräftigeren Hilfsmittel erhalten worden sind. Ob-

1) Fortschritte der Physik in 1874. Jahrg. XXX. Berlin 1879, p. 520.

2) Swan hat offenbar die Mitte der beiden hier liegenden Linien eingestellt.

gleich also den Werthen der verschiedenen Columnen sehr verschiedene Gewichte zukommen, so glaube ich doch, dass dadurch hauptsächlich nur die Decimalstelle der Mittel merklich beeinflusst werden kann, und dass folglich diese Mittel, auf 7 Stellen begrenzt, für die Vergleichung mit den Cometenspectra als vollkommen genau angesehen werden können, um so mehr, als, wie wir sehen werden, bei den meisten Cometenbeobachtungen nicht einmal die sechste Stelle als sicher verbürgt anzusehen ist.

Im Spectrum der Benzolflamme habe ich noch eine schöne violette Gruppe beobachten können, welche ich hier zu erwähnen nicht unterlassen kann, weil dieselbe, obgleich schon von Plücker gesehen und beschrieben, doch von den meisten Spectroskopisten wenig beachtet zu sein scheint. Ihre Lage deutet darauf hin, dass sie mit der von Thalén gemessenen Gruppe bei $\lambda = 4311$ identisch ist, obgleich sie bei Thalén nur als Spur vorkommt[1]). Die Gruppe besteht aus einem schwachen, verschwommenen Lichtfelde, dessen grösste Intensität beiläufig auf $\lambda = 436.7$ fällt, weiter aus einer feinen, isolirten Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 432.9$ und schliesslich aus einer recht hellen, nach dem Violetten hin abgestuften Bande, deren scharfe Kante nach dem Rothen hin die Wellenlänge $\lambda = 431.9$ hat. Bei grosser Intensität der Verbrennung löst sich diese Bande in ein schönes Liniengitter auf. Dasselbe hat Plücker im Spectrum des oelbildenden Gases beobachtet[2]). Die Fig. III (S. die Tafel) stellt diese Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums nach meinen Beobachtungen vor.

Für das Spectrum des Kohlenoxyds führe ich hier zur Vergleichung die Bestimmungen Ångström's und Thalén's[3]) auf. Die fast durchgängig nach dem Violetten hin abschattirten Banden lassen sich in zwei Gruppen, von relativ sehr verschiedener Intensität vertheilen, von denen indessen für unseren gegenwärtigen Zweck nur die stärkere von Wichtigkeit ist. Die fraglichen Wellenlängen sind die folgenden:

I) Stärkere Gruppe.	II) Schwächere Gruppe.
$\lambda = 6622.0$	$\lambda = 6298.5$[4])
6078.0	5817.0
5607.5	5397.5
5197.0	5015.0
4833.5	4697.0
4509.0	4394.0
4209.0	4131.0

1) Diese Gruppe erscheint im *electrischen* Spectrum der Kohlenwasserstoffe sehr unscheinbar im Verhältnisse zu dem Flammenspectrum. Vergl. Huggins. Phil. Trans. 1868. p. 561. Thalén hat in der That bei seinen Beobachtungen den electrischen Funken in einem Strome von Leuchtgas benutzt..

2) Plücker u. Hittorf a. a. O. § 48 p. 17. In Watt's Index of Spectra p. 19. kommt dieselbe Gruppe unter *f* vor.

3) Ångström u. Thalén a. a. O. p. 31.

4) In den Tafeln von Ångström und Thalén steht 6398.5. — Dies ist wahcheinlich ein Druckfehler.

Diese Banden sind von derselben Art, wie diejenigen des Kohlenwasserstoffspectrums, insofern sie sich in feine Linien auflösen lassen; unterscheiden sich aber von den letzteren theils darin, dass sie keine Partialbanden besitzen, vor Allem aber darin, dass ihre Lage im Spectrum eine ganz andere ist. Diese Verschiedenheit ist genügend, um jeder Verwechselung der beiden Spectra vorzubeugen.

Im *Linienspectrum der Kohle* geben schliesslich Ångström und Thalén folgende Wellenlängenbestimmungen [1]).

Bei $\lambda =$	6583.0 6577.5	Starke Doppellinie.
	5694.1 5660.9 5646.5 5638.6 5379.0 5150.5 5144.2 5133.0	Schwächere Linien.
	4266.0	Breite starke Bande.

Man sieht, dass dies Spectrum mit den vorhergehenden keine Ähnlichkeit besitzt.

1) a. a. O. p. 34.

Capitel III.

Specielle Betrachtung der an einzelnen Cometen angestellten Spectralbeobachtungen.

Die Auseinandersetzungen des vorhergehenden Capitels erlauben uns jetzt eine nähere Vergleichung zwischen den Spectra der Kohlenverbindungen und denjenigen der Cometen anzustellen. Zu dem Zweck werde ich zunächst möglichst vollständig alle bisjetzt bekannt gewordenen Spectralbeobachtungen der Cometen betrachten, und dabei die sicher festgestellten Resultate von denjenigen, welche noch näherer Bestätigung bedürfen, so weit als möglich zu sondern suchen. Die einzelnen Cometen mögen der Zeitfolge nach aufgeführt werden.

1) Comet I 1864.

Dieser Comet ist, wie schon oben erwähnt, der erste, welcher spectroskopisch untersucht worden ist. Am 4 Juli von Tempel entdeckt, wurde er in Bezug auf sein Spectrum am 5. und 6. Aug. von Donati beobachtet[1]). Donati bemerkt darüber: «Le spectre de la Comète ressemble aux spectres produits par les métaux, en effet les parties noires y sont plus larges que les parties lumineuses et on pourrait dire que ces spectres se composent de trois raies claires»..... Der kurzen Notiz ist eine, allerdings sehr unvollkommene Zeichnung beigefügt, welche die Lage der Cometenstreifen in Bezug auf das Sonnenspectrum angiebt, die aber, trotz ihrer Mangelhaftigkeit nicht unbedeutend an das Kohlenwasserstoffspectrum

1) A. N. Bd. 62. № 1488.

errinnert. Vogel[1]) ist zwar nicht dieser Meinung, ich glaube aber, dass wenigstens die beiden brechbarsten Streifen der grünen und blauen Gruppe der Kohlenwasserstoffe ziemlich nahe kommen dürften. Da keine Messungen mitgetheilt sind, so lässt sich hierüber nur nach dem Aussehen der Zeichnung urtheilen;—durch Abmessen nach einer Millimeterscale habe ich indessen graphisch die folgenden Wellenlängen für die weniger brechbaren Kanten der Streifen abgeleitet:

Streifen	$A \ldots \lambda$	$= 554.7$
»	B	$= 513.0$
»	C	$= 475.0$

Es treten hier nun allerdings recht bedeutende Abweichungen von dem Kohlenwasserstoffspectrum hervor; nach einer so unvollständigen Zeichnung kann aber eine bessere Uebereinstimmung nicht erwartet werden. Nichtsdestoweniger glaube ich jedoch der Vermuthung etwas Gewicht beimessen zu können, dass zwischen den beiden Spectra wirklich ein Zusammenhang besteht, um so mehr, als bei später mit grösserer Genauigkeit beobachteten Cometenspectra Resultate erhalten worden sind, welche mit den obigen eine auffallende Ähnlichkeit besitzen und in diesen Fällen die Annahme eines solchen Zusammenhangs mit vollkommener Sicherheit gemacht werden kann. Es bleibt aber dies nur eine Vermuthung, denn die Unvollkommenheit der Zeichnung verhindert jede Entscheidung ob die oben gemessenen Kanten der Banden auch der grössten Lichtintensität entsprechen; darauf kommt es aber besonders an, da bei den mit dem obigen zunächst übereinstimmenden Cometenspectra die erhaltenen Wellenlängen sich auf diese Intensitätsmaxima beziehen.

2) Comet I 1866.

Ueber diesen Cometen liegen Spectralbeobachtungen von Secchi[2]) und Huggins[3]) vor, die indessen so bedeutend von einander abweichen, dass daraus schwerlich etwas mehr geschlossen werden kann, als dass der Comet theilweise eigenes Licht entwickelt hat. Ein continuirliches Spectrum haben beide Beobachter wahrgenommen, während aber das Linienspectrum nach Secchi aus *drei* Linien bestand, erwähnt Huggins nur *eine* und bemerkt, dass er sich vergeblich bemühte etwas mehr zu entdecken. Die Lage der den beiden Beobachtern gemeinschaftlichen Linie wird auch verschieden angegeben. Secchi giebt für dieselbe die folgenden Messungen in Bezug auf das Sonnenspectrum[4]):

1) Pogg. Ann. Bd. CXLIX, p. 400.

2) Secchi: Sugli spettri prismatici delle Stelle fisse. p. 37. — C. R. Vol. LXII, p. 210. — Les Mondes: Vol. X p. 182. 1866.

3) Proc. Roy. Soc. Vol. XV, p. 5.

4) Die Angaben über die Lage der Linie sowohl in C. R. als in Les Mondes sind entstellt. Es wird gesagt, dass die Cometenlinie in einem Abstand von b gleich $^2/_5$ des Abstandes $b - F$ liegt, aus den obigen Zahlen folgt aber:

Abst. $(b - \mathfrak{F}$ Lin$)$: Abst. $(\mathfrak{F}$ Lin. $- F) = 2 : 5$.

Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VIIme Série.

b	(Mitte):	11?63
$\not b$	Streifen:	12.91
F:		16.20

woraus $\lambda = 508$ erhalten wird. Dies ist mit der Bemerkung Secchi's in Einklang, dass die Cometenlinie *nicht* mit der starken Linie der Nebelflecke ($\lambda = 500$) zusammenfällt, wie ausserdem eine directe Vergleichung mit dem Orionnebel ergab. Huggins dagegen verlegt die Cometenlinie in die Mitte zwischen b und F und identificirt dieselbe mit der Nebellinie. Die grosse Schwäche des Cometen dürfte wohl der Hauptgrund dieser Nichtübereinstimmung gewesen sein; vielleicht kann man aber dem Secchi'schen Resultate etwas grössere Sicherheit beimessen, da dasselbe auf Messungen und directer Vergleichung beruht, während Huggins die Lage der Linie nur geschätzt zu haben scheint, wenigstens sind keine Zahlen mitgetheilt. Im Ganzen scheint aber nach den vorliegenden Beobachtungen keine Beziehung zwischen diesem Spectrum und demjenigen der Kohlenwasserstoffe mit einiger Sicherheit angenommen werden zu können.

3) Comet II 1867.

Huggins[1]) hat versucht das Spectrum dieses schwachen Objectes zu studiren, aber ohne Erfolg. Die am 4. und 8. Mai angestellten Beobachtungen haben von der Coma ein schwaches continuirliches Spectrum ergeben, in welchem Huggins ein Paar Mal zwei oder drei helle Linien vermuthete, ohne indessen darüber Sicherheit zu erlangen. Da bei den beiden Erscheinungen des Cometen im Jahre 1873 und 1879 keine spectroskopischen Beobachtungen desselben angestellt wurden, so lässt sich zur Zeit über die Beschaffenheit dieses Spectrums nichts entscheiden.

4) Brorsen's Comet.

Von den älteren periodischen Cometen ist dieser der erste, der spectroskopisch untersucht worden ist. Die Beobachtungen datiren alle von den beiden Erscheinungen des Cometen in den Jahren 1868 und 1879, da die grosse Lichtschwäche desselben bei der Wiederkehr 1873 keine Untersuchung in dieser Beziehung zuliess. Trotzdem nun, dass die Beobachtungen sehr von einander divergiren und beim ersten Blick das Entstehen einer, auch nur einigermassen befriedigenden, Ansicht über die wahre Natur des Spectrums unmöglich erscheinen lassen, kann man jedoch, bei gehöriger Erwägung der mit solchen Beobachtungen verbundenen, unvermeidlichen Unsicherheit und sonstiger Umstände, jedenfalls nicht der ursprünglichen, auf Huggins's Beobachtungen im Jahre 1868 begründeten Ansicht beistimmen, nach welcher das Spectrum dieses Cometen, sogar seinem Typus nach, von demjenigen anderer Cometen verschieden sein sollte. In dem Maasse nämlich, wie die Anzahl beobachteter Cometenspectra grösser geworden ist, hat sich, wie schon oben angedeutet,

1) Monthly Not. Vol. XXVII p. 288.

die Ueberzeugung mehr und mehr ausgebildet, dass bei allen Abweichungen und Modificationen im Einzelnen, stets ein einziger Spectraltypus, — das Spectrum der Kohlenwasserstoffe — den Cometenspectra zu Grunde liegt, und dass die Abweichungen von diesem Grundtypus lediglich in den besonderen physikalischen Verhältnissen der einzelnen Cometen begründet sind. Die Berechtigung dieser Anschauung, auch in Bezug auf den vorliegenden Cometen, wird, wie ich glaube, aus der folgenden Zusammenstellung der bis jetzt zugänglichen Spectralbeobachtungen desselben in ziemlich befriedigender Weise hervorgehen.

a) Beobachtungen im Jahre 1868.

Die Spectralbeobachtungen des Cometen aus dem Jahre 1868 rühren von Secchi und Huggins her. Von Secchi[1]) wurde das Spectrum an drei Abenden, April 23, 25 und 27 untersucht und bestand aus drei Lichtmaxima, deren Lage durch Vergleichung mit dem Spectrum der Venus bestimmt wurde. Secchi giebt nicht näher an, welche Stellen der Cometenbanden dabei eingestellt wurden; aus der mitgetheilten, graphischen Darstellung der Lichtvertheilung im Spectrum scheint es indessen wahrscheinlich, dass die Zahlen sich auf die Intensitätsmaxima der Banden beziehen. Die Messungen waren in Umgängen der Mikrometerschraube:

Spectrum der Venus.		Spectrum des Cometen.	
D:	5.12	Streifen A:	5.92
b:	6.85	B:	7.04
F:	7.94	C:	8.52
G:	10.87[2])		

woraus, wenn man annimmt:

Für	D:	$\lambda = 589.2$
	b:	$= 517.5$
	F:	$= 486.1$
	G:	$= 430.7$

folgende Wellenlängen hervorgehen:

Streifen	A:	$\lambda = 552.7$
	B:	$= 511.7$
	C:	$= 473.2$

1) Sugli Spettri prismat. ... Memoria seconda p. 21. C. R. Vol. LXVI. p. 881.
Bulletino meteorol. dell' Oss. del Coll. Rom. Vol. VII p. 25.

2) In «Spettri Prism.» steht unrichtig 10.57. Aus mehreren anderen Angaben folgt nämlich, dass in Secchi's Instrument der Abstand $F - G = 2^r.95$ war, woraus für G 10.89 folgt.

Man sieht, dass die Lage dieser Lichtmaxima nicht mit denjenigen der Kohlenwasserstoffe übereinstimmt, sondern dass dieselben nach dem Violetten hin verschoben sind, ohne jedoch das Gebiet der Streifen des Kohlenwasserstoffspectrums zu verlassen. Eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Spectrum des Cometen I 1864 lässt sich übrigens nicht verkennen. Neben dem obigen Spectrum konnte Secchi noch ein schwaches continuirliches Spectrum wahrnehmen.

Eine am 12. Mai vorgenommene Untersuchung des Cometenlichtes in Bezug auf Polarisation zeigte, dass die *Coma* ein, wenn auch wenig polarisirtes Licht ausstrahlte, während der *Kern* keine Spur davon erkennen liess. Secchi schliesst hieraus und aus dem allgemeinen Charakter des Spectrums mit Recht, dass das Licht des Cometen zum grössten Theil ein eigenes war. Der damals gegen diese Ansicht von Prazmowski[1]) erhobene Einwand, dass das Cometenlicht, trotz des für eine selbstständige Lichtentwickelung zeugenden Spectrums, nichtsdestoweniger durch Reflexion entstanden sein könnte, kann nunmehr offenbar keinen weiteren Anklang beanspruchen, aber auch vom Standpunkte der damaligen Zeit, scheint seine unter dieser Annahme gegebene Erklärung der Cometenstreifen sehr unwahrscheinlich. Es sollten nämlich diese hellen Banden nur die Reste eines continuirlichen Spectrums sein, aus welchem durch die elective Absorption der Cometenmaterie alle übrigen Lichtarten ausgelöscht wären, in derselben Weise wie z. B. ein farbiger Körper, von der Sonne beleuchtet ein aus abwechselnden Maxima und Minima bestehendes Spectrum giebt. Secchis's Bemerkung, dass, wenn diese Erklärung richtig wäre, man in den hellen Cometenstreifen die Fraunhofer'schen Linien wahrnehmen musste, begegnet Prazmowski damit, dass die Weite des Spalts die Wahrnehmung dieser Linien verhindert haben muss; — da aber der scheinbare Durchmesser der Kernpartieen des Cometen jedenfalls bedeutend kleiner war, als derjenige der zur Vergleichung benutzten Venusphase, in deren Spectrum die fraglichen Linien sehr deutlich erschienen[2]), so schliesst Secchi, dass die Cometenstreifen sich auf reflectirtes Sonnenlicht nicht zurückführen lassen. Directe, an farbigen Körpern angestellte Versuche zeigten auch eine grosse Verschiedenheit zwischen dem allgemeinen Character der Cometenstreifen und demjenigen der in den Absorptionsspectra zurückbleibenden Lichtmaxima. Der Prazmowski'schen Theorie stehen aber noch andere bekannte Beobachtungen entgegen. Wären die hellen Cometenstreifen, wie diese Theorie annimmt, nur Reste eines continuirlichen Spectrums, so würde man, da sie jedenfalls nur einen sehr kleinen Theil davon repräsentiren, zu der Annahme genöthigt sein, dass von dem auffallenden Lichte der überwiegend grösste Theil absorbirt wird. Wie will man aber unter diesen Voraussetzungen die häufig gemachte Beobachtung erklären, dass kleine, teleskopische Sterne, ohne besonders merkliche Schwächung ihres Lichtes sogar durch die dichtesten Cometennebel haben gesehen werden können[3])? Die Secchi'schen Beobachtungen haben also den schon

1) C. R. Vol. LXVI p. 1109.
2) C. R. Vol. LXVI p. 1188.
3) Siehe z. B. W. Struve: Beob. des Halley'schen Cometen im Jahre 1835 p. 31 und Young in Sill. Journ.

von Donati gezogenen Schluss in Bezug auf den Ursprung des Cometenlichtes nur bestätigt.

Wenden wir uns jetzt zu den Huggins'schen Beobachtungen[1]), so begegnen wir einem Spectrum, welches von dem Secchi'schen wesentlich verschieden ist. Allerdings zeigt dasselbe auch drei Lichtmaxima; die Lage derselben ist aber eine andere. Sowohl durch mikrometrische Messungen, als durch directe Vergleichungen mit den Spectra des *Magnesiums*, *Natriums*, *Wasserstoffs* und *Stickstoffs* findet Huggins, dass die mittlere Bande, ebenso wie beim Cometen I 1866 in der Nähe der starken Stickstofflinie des Luftspectrums ($\lambda = 500$) liegt, und die blaue nahe der bekannten Gruppe desselben Spectrums, welche die Stelle 2642 — 2669[2]) nach seiner Scale einnimmt. Da nun keine weiteren Zahlenangaben mitgetheilt sind, so versuchte ich die Positionen der Streifen aus der bei einer späteren Gelegenheit[3]) gegebenen Zeichnung des Spectrums annähernd abzuleiten. Die dadurch erhaltenen Werthe sind natürlich sehr unsicher; nichtsdestoweniger stimmen sie, mit Ausnahme der dritten Bande, leidlich mit dem mir später von Dr. Huggins selbst gütigst mitgetheilten Resultate seiner Beobachtungen überein, wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht:

		Huggins's Resultat.	Schätzung nach der Zeichnung.
Streifen	A:	$\lambda = 543.6$	$\lambda = 543$
»	B:	$= 507.8$	$= 504$
»	C:	$= 464.5$	$= 473.$

Diese Zahlen weichen, wie man sieht, von den Secchi'schen um so erhebliche Grössen ab, dass die Annahme eines reellen Unterschieds wohl gerechtfertigt erscheint. Den Grund dieses Unterschieds aber in einer wirklichen Veränderung des Spectrums im Laufe der wenigen Tage, die zwischen den Beobachtungen Secchi's und Huggins's liegen (Secchi beobachtete vom 23. bis 27. April und Huggins vom 29. April bis 13. Mai) suchen zu wollen, wäre nicht nur an sich ganz willkürlich, sondern muss sogar als vollkommen unzulässig betrachtet werden, wenn die Beobachtungen von 1879 mit den vorliegenden zusammengestellt werden, da diese, wie wir gleich sehen werden, sich den Secchi'schen ziemlich gut anschliessen.

In der gegenwärtigen Lage der Sache muss ich demnach gestehen, dass mir jeder Ausweg die streitigen Resultate der Beobachtung mit einander in Einklang zu bringen oder den Grund der Nichtübereinstimmung überhaupt befriedigend anzugeben vollständig zu

(3) Vol. III p. 83 — 84. Am 1 Dec. 1871 beobachtete Young eine centrale Bedeckung eines Sterns 9. Gr. durch den Encke'schen Cometen, ohne dass der Stern merklich geschwächt wurde.

1) Proc. Roy. Soc. Vol. XVI p. 387.
2) $\lambda = 4642 — 4631$.
3) Phil. Trans. 1868 Taf. XXXIII.

fehlen scheint. Wenn die Secchi'schen Beobachtungen nicht vorhanden wären, so würde ich, bei der grossen Sorgfalt, mit welcher Huggins seine Beobachtungen im Jahre 1868 ausgeführt hat, seiner neuerdings ausgesprochenen Ansicht[1]), dass das Spectrum seitdem eine wirkliche Veränderung erlitten, bis auf weitere Beobachtungen unbedingt beitreten, jetzt aber scheint mir auch dies nicht möglich. Als Stütze für diese Ansicht führt Huggins die an einem und demselben Abende, mit einem und demselben Instrumente ausgeführten Beobachtungen der Spectra der beiden Cometen II und III 1877 auf der Sternwarte Lord Lindsay's an, von denen das erste sich denjenigen anderer Cometen anschliesst, während das zweite ähnliche Anomalien wie das Spectrum des Brorsen'schen Cometen nach Huggins's Beobachtungen darbot. Dies trifft nun allerdings, was die beiden brechbareren Streifen des Cometen III 1877 betrifft, befriedigend zu, nicht aber in Bezug auf den gelben, für welchen, falls nicht ein Versehen vorliegt, eine Wellenlänge erhalten worden ist, die denselben in eine Region des Spectrums verlegt, wo bis jetzt noch nie ein Cometenstreifen beobachtet worden ist. Darauf wird später zurückzukommen sein. Jedenfalls ist es aber sehr zu bedauern, dass Huggins, wegen der besonderen Anordnung seines Instruments für spectralphotographische Untersuchungen, das Spectrum 1879 nicht hat beobachten können, da dadurch ohne Zweifel die erwähnten Abweichungen aufgeklärt worden wären.

Ausser dem Bandenspectrum hat Huggins auch ein schwaches continuirliches Spectrum beobachtet, ist aber der Ansicht, dass dasselbe im Vergleich mit denjenigen der beiden kleinen Cometen I 1866 und II 1867 hier verhältnissmässig untergeordnet gewesen.

b) Beobachtungen im Jahre 1879.

Von den Spectralbeobachtungen des Brorsen'schen Cometen, welche bei der letzten Erscheinung desselben angestellt wurden, mögen zunächst diejenigen von Young[2]) näher betrachtet werden. Nach mehreren vergeblichen Bemühungen gelang es schliesslich am 1 und 2 April befriedigende Beobachtungen zu erhalten. Das Spectrum bestand wie gewöhnlich aus drei hellen Streifen, die an der weniger brechbaren Kante scharf begrenzt waren, von denen aber wegen Lichtschwäche nur der mittlere und stärkste seiner Lage nach näher fixirt werden konnte. Durch Vergleichung mit dem Spectrum des diffusen Tageslichtes sowie mit demjenigen des Bunsen'schen Brenners erhielt Young für die Wellenlänge desselben:

$$\lambda = 517.0$$

was also eine befriedigende Uebereinstimmung mit der stärksten Bande im Spectrum der Kohlenwasserstoffe anzeigt. Eine am 3. April angestellte Beobachtung hat dasselbe Resultat

1) Nature 1879. p. 379.

2) Sill. Journ. (3). Vol. XVII p. 373. 1879.

gegeben. Die Unmöglichkeit diese Beobachtungen mit den älteren von Huggins zu vereinbaren hebt Young besonders hervor, indem er bemerkt: «I am entirely at a loss how to explain Mr. Huggins's result. It can hardly be that the comet has really changed its spectrum in the meanwhile, and a careful reading of his account gives no light as to how an error could have crept into his work; on the other hand, every precaution would seem to have been taken». Der Ansicht, dass, soweit die Beobachtungen bis jetzt reichen, für alle Cometen ein einziger Spectraltypus allein angenommen werden muss, von dem auch das Spectrum des Brorsen'schen Cometen keine Ausnahme bildet, schliesst sich Young mit den folgenden Worten an: «With the exception of Brorsen's comet, it would seem that the discrepancies between the different results are entirely within the range of probable error, and that there is no valid reason for supposing more than a single cometary spectrum, slightly modified in different comets by differences of pressure and temperature. It would now appear from my observations, that Brorsen's comet also must fall into line with the rest».

Von den Young'schen Beobachtungen etwas abweichend sind diejenigen, welche am 25. März, 14. April und 15. Mai von Konkoly[1]) erhalten worden sind. Nach denselben waren alle drei Banden zu beiden Seiten verschwommen, so dass nur die Maxima des Lichtes eingestellt werden konnten, und ausserdem liess sich ein schwaches, etwa von $\lambda = 570$ bis $\lambda = 460$ sich erstreckendes continuirliches Spectrum beobachten. Dies Spectrum rührte nicht allein vom *Kerne* des Cometen, sondern auch von der übrigen Nebelmasse desselben her. Die durch wiederholte Vergleichungen mit den Spectra von Kohlenwasserstoffhaltigen Geisslerschen Röhren abgeleiteten Wellenlängen der Cometenstreifen sind in der folgenden Zusammenstellung Konkoly's enthalten, die ich hier vollständig reproducire, weil daran verschiedene Bemerkungen sich knüpfen lassen:

Cometenstreifen.		Bunsen-Flamme.	Originalröhren von Geissler in Bonn.			Kohlenwasserstoffspectrum nach Boisbaudran.
			$C_2 H_3$.	Leuchtgas.	Alkohol.	
A.	560.5	563.8	558.0	558.0	558.0	562.9
B.	514.6	514.8	515.5	514.8	514.8	516.1
C.	482.3	482.5	486.0	484.8	482.5	473.8

Betrachten wir hier zunächst das Spectrum der Bunsenflamme. Dieselbe wurde durch Verbrennung von Benzol erhalten; während nun die Wellenlänge des *ersten* Streifens mit den oben (p. 21) aufgeführten Bestimmungen befriedigend übereinstimmt, ist dies beim *zweiten* nicht der Fall, noch weniger beim *dritten*. Ein solches Spectrum wie das obige giebt die Flamme des Benzols gewiss nicht. Dies geht auch aus der Vergleichung mit den Zahlen von Boisbaudran hervor. Was weiter die Spectralröhren von Geissler betrifft, so

1) A. N. Bd. 95. № 2269.

lässt sich ohne weiteres gar nicht im Voraus sagen, was für ein Spectrum eine solche käufliche Röhre geben wird, denn dieselben können, je nach dem Drucke des eingeschlossenen Gases und der Art der Entladung entweder das *Kohlenwasserstoffspectrum* oder dasjenige des *Kohlenoxyds* oder beide zugleich[1]) geben, eben weil es unmöglich ist, auch bei Anwendung eines vollkommen reinen Kohlenwasserstoffs, aus der Röhre allen Sauerstoff zu entfernen. Die nähere Vergleichung der von Konkoly gegebenen Zahlen mit den oben für Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd mitgetheilten scharfen Wellenlängenbestimmungen macht es wahrscheinlich, dass die benutzten Röhren Theile von beiden Spectra zugleich gezeigt haben, und dass bei der Untersuchung derselben die Maxima der Intensität eingestellt worden sind, welche Maxima, da bei schwacher Dispersion die Banden der beiden Spectra sich theilweise stark decken, eine von den scharfen Begrenzungslinien derselben abweichende Lage gehabt haben können.

Nach dem eben Gesagten erscheint demnach die Uebereinstimmung des Cometenspectrums mit demjenigen der Röhren wesentlich besser als mit dem Kohlenwasserstoffspectrum und man konnte desshalb die Vermuthung aufstellen, dass die Verschiedenheit der Lichtvertheilung in den Cometenstreifen einerseits und in den Banden der Kohlenwasserstoffe anderseits, theilweise vielleicht in dem gleichzeitigen Auftreten der beiden Spectra der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenoxyds in dem Cometenlichte begründet sei, da wegen der bei Cometenbeobachtungen immer anzuwendenden schwachen Dispersion eine Trennung dieser Spectra von einander unmöglich wird. Gegen die Möglichkeit dieser Ansicht können a priori keine entscheidenden Gründe geltend gemacht werden, eben weil über die Druckverhältnisse und die Art der electrischen Processe in den Cometen uns gegenwärtig jede, auch nur angenäherte, Vorstellung absolut fehlt. Aus der angeführten Hypothese würde sich auch der Umstand erklären lassen, dass, wie hier, der eine Beobachter die scharfe Grenze der Banden nach dem Rothen hin gesehen hat, während dem Anderen nur die hellsten Stellen derselben zum Vorschein gekommen sind; — es wird dies ohne Zweifel bei einem und demselben Cometen in der verschiedenen Reinheit der Luft während der Beobachtung und in der grösseren oder geringeren optischen Kraft der angewandten Instrumente, bei verschiedenen Cometen aber ausserdem noch in dem verschiedenen Glanze derselben, seinen Grund haben. Inzwischen sei schon hier bemerkt, dass, wenn auch diese Vorstellungen unter Umständen zutreffen können, der Grund der abweichenden Lichtvertheilung der Cometenstreifen doch im *Allgemeinen* in den besonderen physikalischen Verhältnisse dieser Himmelskörper selbst zu suchen ist.

Für ein solches gleichzeitiges Auftreten beider Spectra scheinen auch die von Maunder und Christie[1]) in Greenwich angestellten Spectralbeobachtungen des vorliegenden Cometen zu sprechen. Nach denselben soll das Spectrum sehr nahe dem «second spectrum

1) Vergl. in Bezug hierauf die Beobachtungen von Maunder: Greenwich Observations for 1875 p. 122.

2) M. N. Vol. XXXIX, p. 428. 1879.

of Carbon» d. i. dem *Kohlenoxydspectrum* entsprochen haben und jedenfalls *nicht* «die anomale Erscheinung dargeboten, welche Huggins im Jahre 1868 beobachtet hat». Die nach dem Rothen scharf begrenzten Streifen wurden wiederholt mit denjenigen einer Alkoholdämpfe von 1.2 Mill. Druck enthaltenden Geisslerschen Röhre verglichen und die Coincidenz so vollständig gefunden, wie es unter Anwendung einer sehr weiten Spaltöffnung zu entscheiden möglich war. Die *gelbe* Bande wurde am 28. April gemessen und besass an der scharfen Kante nach dem Rothen hin eine Wellenlänge $\lambda = 558$, während für die *grüne* die folgenden Wellenlängen resultirten:

April 19 $\lambda = 519.0$
» 28 $= 519.1.$

Wegen der weiten Spaltöffnung können indessen diese Werthe um einige Einheiten der Decimalstelle unsicher sein. Die *dritte* Bande war überaus schwach und schien in der Nähe der blauen Bande des Kohlenoxydspectrums zu liegen. Dass die mittlere und stärkste Bande dem grünen Streifen des *Kohlenoxyds* und nicht der *Kohlenwasserstoffe* entsprach wurde noch am 17. April von Chriestie bestätigt.

In Dun Echt[1]) wurden von Copeland und J. G. Lohse an drei Abenden April 16. und Mai 2. und 3. im Spectrum des Cometen auch drei helle Streifen beobachtet, für deren *hellste Stellen* die folgenden Wellenlängen erhalten wurden:

Streifen A: $\lambda = 547.6$
» B: $= 515.6$
» C: $= 469.6.$

Die Bande A war zu beiden Seiten sehr verschwommen und ohne irgend eine mehr hervorragende Lichtverdichtung, wesshalb auch die Bestimmung sehr unsicher ist. — B und C zeigten dagegen eine scharfe Begrenzung nach dem Rothen hin und eine allmälich fortschreitende Lichtabnahme nach der brechbareren Seite des Spectrums.

Zum Schluss sind noch einige Beobachtungen von Bredichin[2]) zu erwähnen. In einer kurzen Notiz giebt Bredichin als Resultat derselben die folgenden Werthe der Wellenlängen für die Intensitätsmaxima der Streifen:

Streifen A: $\lambda = 551.3$
» B: $= 513.2$
» C: $= 465.5.$

Stellen wir jetzt die oben angeführten Beobachtungen über das Spectrum des Brorsen'schen Cometen übersichtlich zusammen, so entsteht die folgende Tafel:

1) M. N. Vol. XXXIX, p. 430. 1879.
2) A. N. № 2257.

Wellenlängenbestimmungen im Spectrum des Brorsen'schen Cometen:

Beobachter.	Bande *A*.		Bande *B*.		Bande *C*.	
	Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
Secchi 1868	—	552.7	—	511.7	—	473.2
Huggins »	—	(543.6)	—	(507.8)	—	464.5
Young 1879	—	—	517.0	—	—	—
Konkoly »	—	560.5	—	514.6	—	482.3
Maunder »	558.0	—	519.0	—	483?	—
Copeland »	—	(547.6)	—	515.6	—	469.6
Bredichin »	—	551.3	—	513.2	—	465.5

In dieser Tafel ist die bei Copeland in ( ) eingeschlossene Zahl nach der eigenen Angabe des Beobachters sehr unsicher. Obgleich nun die verschiedenen Bestimmungen sehr auseinandergehen, namentlich in Betreff der ersten und dritten Bande, so lässt sich doch, wenigstens beim mittleren und stärksten Streifen eine gewisse Gruppirung der einzelnen Werthe um eine mittlere Grösse, welche der Wahrheit ziemlich nahe kommen dürfte, nicht verkennen. Nehmen wir nämlich an, dass die Beobachtungen gleich gut wären, da eine Sonderung derselben nach Gewichten weder ausführbar, noch hier von besonders grosser Bedeutung ist, so ergeben sich, mit Ausschluss der eingeklammerten Zahlen die folgenden Mittelwerthe:

Comet Brorsen:

Streifen:	*A*	*B*	*C*
Grenze:	—	518.0	—
Max:	555.0	513.8	471.

Der Anfang des Streifens *B* fällt, wie man sieht, von demjenigen des mittleren Streifens des Kohlenwasserstoffspectrums nicht weiter als es aus der Unsicherheit der Beobachtung völlig erklärlich sein dürfte. Das Maximum dagegen fällt in den Zwischenraum zwischen dem ersten und zweiten Partialstreifen derselben Gruppe der Kohlenwasserstoffe und ist demnach in Bezug auf die Intensitätsvertheilung in dieser Gruppe etwas nach dem Violetten hin verschoben. Vergleicht man aber die Lage der Maxima sämmtlicher Banden mit derjenigen der Streifen anderer Cometen, die wir demnächst betrachten werden, so ist die Uebereinstimmung eine so unerwartet gute, dass der Ansicht, nach welcher der Brorsen'sche Comet in spectroskopischer Hinsicht von den übrigen eine Ausnahme bilden sollte, jede Stütze entzogen wird.

5) Comet II 1868 (Winnecke).

In der Geschichte der Cometenspectroskopie nehmen die Spectralbeobachtungen des Cometen II 1868 ganz besonders das Interesse in Anspruch, weil diese es waren, welche die Entdeckung des Zusammenhanges der Cometenspectra mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe zuerst veranlassten. Bis zu dieser Zeit war über die chemische Interpretation der beobachteten Cometenspectra kaum eine Vermuthung ausgesprochen worden, und, wie leicht einzusehen, war es kaum anders möglich, da die ausserordentliche Lichtschwäche derselben jede genauere Vergleichung mit bekannten Spectra unmöglich machte. Mit dem Erscheinen des vorliegenden Cometen wurde in dieser Beziehung ein bedeutender Fortschritt erzielt; — die von Secchi über die Natur des Spectrums deutlich ausgesprochene Vermuthung fand durch Huggins's unabhängige Messungen und Vergleichungen mit dem Spectrum des electrischen Funkens in oelbildendem Gase ihre volle Bestätigung. Ich gehe jetzt zu einer näheren Betrachtung dieser Beobachtungen über.

In einem an die Pariser Akademie gerichteten Briefe vom 22. Juni hat Secchi[1]) die Resultate seiner Beobachtungen niedergelegt. Da der Comet recht hell war, konnten mit verschiedenen Spectralapparaten verhältnissmässig gute Resultate erzielt werden. In einem Spectroskope ohne Spalt gesehen, bestand das Spectrum aus drei hellen Streifen, deren nach dem Rothen hin liegende Kanten eine bedeutend grössere Schärfe zeigten, als diejenigen des Brorsen'schen Cometen, besonders, wenn das Spectrum mit einem mit Spalt versehenen Spectroskope beobachtet wurde. Neben dieser Verschiedenheit in dem Aussehen der Banden war auch ihre Lage im Spectrum eine andere. Durch Vergleichung mit dem Spectrum der Venus ergaben sich nämlich die folgenden Positionen:

Spectrum der Venus:		Spectrum des Cometen:		
D:	4.29	Streifen A:	4.68	Anf. der
b:	5.99	» B:	5.97	Streifen.
F:	7.11	» C:	7.86	Max.
G:	10.06			

woraus man erhält:

Streifen	A:	$\lambda = 570.1$
»	B:	$= 518.2$
»	C:	$= 470.0$.

Mit den Huggins'schen Beobachtungen des Brorsen'schen Cometen verglichen, zeigen nun diese Werthe ganz enorme Abweichungen, um so besser aber lassen sie sich, mit Ausnahme der gelben Bande, mit den übrigen Bestimmungen für Brorsen's Comet zu-

1) C. R. Vol. LXVI, p. 1299. — Bull. Meteorol. dell' Oss. del Coll. Rom. VII. 41. — Spettri prism. delle Stelle fisse. Mem. sec. p. 23. [Hier sind die Angaben über die Lage der Streifen um kleine Quantitäten anders als in den C. R. gegeben, jedoch so unbedeutend verschieden, dass darauf keine Rücksicht genommen zu werden braucht].

sammenstellen, namentlich wenn darauf Rücksicht genommen wird, dass dieselben, mit einem Spectroskope ohne Spalt erhalten, nur als Annäherungen betrachtet werden können. Man sieht übrigens, dass der mittlere, hellste Streifen sehr nahe der bekannten Magnesiumgruppe fällt, wie auch eine directe Vergleichung mit Hülfe eines mit Collimator versehenen Spectroskops ergab. Die Cometenbande mit dem Magnesium in Relation zu bringen, hält aber Secchi für unzulässig, «perché differisce un poco in posto e perché l'aspetto generale dello spettro non mi sembre essere un spettro metallico. Paragonando queste misure cogli spettri del Sig. Ångström, si vede che il carbonio d'idrogeno si avvicina talmente a questi tre zone, che uno si sente inclinato a credere, che questa sostanza sia realmente quella, che risplenda nella cometa». Dieser Schluss dürfte nun allerdings, wenn man die obigen Messungen *allein* in Betracht zieht, nur bedingungsweise als zulässig erscheinen, vielmehr muss für die Aufstellung dieses Vergleichs das allgemeine Aussehen des Spectrums maassgebend gewesen sein. Man findet auch, dass Secchi noch andere Einzelheiten des Spectrums erwähnt, die an das Kohlenwasserstoffspectrum erinnern. Dazu gehört z. B. die scharfe Begrenzung der Banden nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums, während die Lichtstärke nach der entgegengesetzten Seite allmälich abnimmt[1]), sowie die Vermuthung, dass die mittlere Bande Unterabtheilungen gezeigt[2]), die wahrscheinlich nichts anderes gewesen sind, als die Partialbanden des entsprechenden Streifens des Kohlenwasserstoffspectrums. Wir werden gleich finden, dass die gleichzeitigen Beobachtungen Huggins's dasselbe Resultat geliefert haben.

Huggins's Untersuchungen[3]) über diesen Cometen sind besonders wichtig, sowohl wegen der grossen Sorgfalt, mit welcher dieselben ausgeführt worden sind, als wegen der damit verbundenen directen Vergleichung des Cometenspectrums mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe. In einem aus zwei Prismen bestehenden Spectroskope beobachtete Huggins drei Streifen, von denen besonders der mittlere und der letzte nach dem Rothen hin scharfe Begrenzung zeigten. Die erste Bande war weniger gut markirt und schien auch ihre grösste Intensität nicht wie die übrigen an der weniger brechbaren Grenze, sondern mehr nach der Mitte hin zu haben. Im mittleren und stärksten Streifen, dessen scharfe Grenze nach dem Rothen hin durch eine scharfe Linie gebildet zu sein schien, war die Lichtintensität nur in den letzten beiden Dritteln stetig abnehmend, im ersten Drittel aber constant, und ausserdem wurden zwei oder drei Linien in der Nähe der weniger brechbaren Kante vermuthet. Diese Beobachtungen erinnern sehr an das Aussehen des Spectrums der Kohlenwasserstoffe, wenn dasselbe in einem Instrumente von schwacher Dispersion bei geringer Intensität der Lichtquelle beobachtet wird und die Uebereinstimmung wird vollständig, wenn man die von Huggins mitgetheilten Positionsbestimmungen der Streifen näher betrachtet. Dieselben sind nach derselben Scala gegeben, welche Huggins für seine Stern-

1) «Lo spettro è a scaglioni e le zone sono terminate da una riga lucida viva dal lato del rosso, mentre è assai sfumato da quello del violetto». (Spettri prism. p. 24).

2) C. R. Vol. LXVI. p. 1301.

3) Phil. Trans. 1868. p. 556.

spectralbeobachtungen benutzte, und für deren Reduction auf Wellenlängen Vogel[1]) eine Tafel abgeleitet hat. Für den Anfang der Streifen gelten die folgenden Zahlen:

	In Huggins Scala:		In Wellenlängen:
Streifen	A:	1094	$\lambda = 563.1$
»	B:	1298	$= 517.2$
»	C:	1589	$= 471.4$.

Die Vergleichung dieser Zahlen mit den für das Kohlenwasserstoffspectrum geltenden Bestimmungen dürfte über die Identität der beiden Spectra kaum einen Zweifel übrig lassen. Huggins hat aber noch directe Vergleichungen angestellt und dazu den electrischen Funken in oelbildendem Gase benutzt. Diese Lichtquelle giebt, wie oben erwähnt, ein fast reines Kohlenwasserstoffspectrum und Huggins fand in der That, dass die Uebereinstimmung mit dem Cometenspectrum als befriedigend zu bezeichnen war. Am leichtesten liess sich die Coincidenz des mittleren und intensivsten Streifens constatiren, und zwar innerhalb einer, dem Abstande der D-Linien des Sonnenspectrums gleichkommenden Grenze; bei den beiden übrigen Banden war die Sicherheit natürlich nicht völlig so gross. Da aber die Uebereinstimmung der Spectra nicht nur die Positionen der Streifen, sondern der Hauptsache nach auch ihr allgemeines Aussehen und die Lichtvertheilung in denselben betraf, so betrachtet Huggins mit Recht die Identität als erwiesen.

Huggins geht darauf zu einer, durch diese Beobachtungen veranlassten Betrachtung der physikalischen Verhältnisse des Cometen über. In jener Zeit galt noch das mit dem Cometen verglichene Spectrum für ein Kohlenspectrum, und von dieser Voraussetzung ausgehend sucht nun Huggins, bei der guten Uebereinstimmung der beiden Spectra, den Ursprung der für die Verdampfung der Kohle erforderlichen hohen Temperatur in der Sonnenstrahlung und begründet die Möglichkeit dieser Ansicht durch die Verhältnisse beim grossen Cometen vom Jahre 1843, der wegen seiner ausserordentlichen Annäherung an die Sonne eine Temperatur erreicht haben muss, die sogar für die Verdampfung der Kohle mehr als genügend gewesen sein dürfte. Es mag zugegeben werden, dass bei einigen Cometen die Intensität der Sonnenstrahlung für den fraglichen Zweck hat ausreichend sein können; im Allgemeinen aber dürfte wohl diese Anschauung wenig wahrscheinlich sein, da die Mehrzahl der Cometen sich der Sonne bei weitem nicht so sehr nähern, dass dadurch eine solche Erhitzung erklärlich wäre[2]). Diese Schwierigkeit würde nun allerdings, wie Huggins bemerkt, dadurch zum Theil beseitigt werden können, dass man die Cometenmaterie als eine Wasserstoffverbin-

1) Bothkamp. Beobacht. Heft II, p. 10.

2) Die Perihel-Distanz des Cometen 1843 I war nach Hubbard = 0,0055. Unter allen bis auf das Jahr 1864 berechneten Cometenbahnen kommt indessen nur bei 9 eine Perihelistanz < 0.10 vor. Vergl. Ph. Carl: Repertorium der Cometenastronomie. München 1864.

dung der Kohle betrachtete, da aber nach Huggins's Meinung keine Kohlenverbindung das fragliche Spectrum ohne Zersetzung liefern kann, so wird diese Ansicht als unzulässig verworfen. Nach dem was oben über die Spectra der Kohlenverbindungen gesagt worden ist, kann aber diese Schwierigkeit nunmehr als überwunden angesehen werden. Aber auch unter dieser Voraussetzung scheint jedoch die directe Absorption der Sonnenwärme für das Auftreten des Spectrums schwerlich einen genügenden Erklärungsgrund gewähren zu können, da der grösste Theil eines Cometen, wenn nicht das Ganze, dazu in einem Zustande allzu grosser Verdünnung sich befindet; viel wahrscheinlicher ist die Annahme eines electrischen Ursprungs des Cometenlichtes, als Wirkung der durch die Sonnenstrahlung beim Annähern an's Perihel eintretenden Verdampfungsprocesse. Die oben genannten Untersuchungen Zöllner's zeigen, dass der Einfluss der Sonnenstrahlung zu diesem Zweck genügend ist. Die für das Entstehen des Spectrums erforderliche Temperatur wäre demnach allerdings eine Folge der Sonnenstrahlung, aber nur mittelbar.

Ausser den vielen von Zöllner hervorgehobenen Gründen, welche für einen electrischen Ursprung des eigenen Lichtes der Cometen sprechen, lässt sich noch ein Umstand erwähnen, der die Richtigkeit dieser Anschauung zu bestätigen scheint. Wie wir allmälich finden werden, weisen die Spectralbeobachtungen der Cometen, trotz aller Abweichung im Einzelnen, darauf hin, dass ihnen sämmtlich nur ein einziger Spectraltypus, — das Spectrum der Kohlenwasserstoffe — zu Grunde liegt. Nun ist oben erwähnt worden, dass im Spectrum des Benzols, wenn dieser Kohlenwasserstoff in der *Flamme* untersucht wird, eine sehr characteristische Gruppe im Violetten erscheint, die im Spectrum des electrischen Funkens in Leuchtgas nur als Spur von Thalén beobachtet worden ist. Ebenso hebt Huggins hervor, dass dieselbe Gruppe in der *Flamme* des oelbildenden Gases bedeutend stärker auftritt als im *Funkenspectrum* desselben Gases. Da nun diese Gruppe in den Spectra der Cometen stets fehlt, so dürfte darin wenigstens ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für den electrischen Ursprung des Cometenlichtes erblickt werden können.

Im Spectrum des hier behandelten, sowie in demjenigen aller bisjetzt untersuchten Cometen, fehlt noch eine Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums, nämlich die *rothe*. Dieser Umstand lässt sich aber leicht erklären, da nach den vorhergehenden Auseinandersetzungen über die Spectra der Kohlenverbindungen, die fragliche Gruppe im Spectrum der Kohlenwasserstoffe nur bei starker Erhitzung des Gases überhaupt zum Vorschein kommt.

Ueber den Cometen II 1868 sind noch einige Spectralbeobachtungen von Wolf[1]) angestellt worden, deren hier auch Erwähnung gemacht werden muss. Diese Beobachtungen wurden mit einem Spectroskope «à vision directe» mit Spalt angestellt und ergaben ein aus drei, nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums scharf begrenzten, Streifen bestehendes Spectrum. Bei keiner, noch so schmalen, Spaltstellung liessen sich diese Streifen auf lineare Form bringen. Wolf giebt für die scharfen Kanten derselben die folgenden Positionen nach einer willkürlichen Scala:

1) C. R. Vol. LXVI. p. 1336.

Sonnenspectrum:		Spectrum des Cometen:	
D:	0.000	Streifen A:	0.126
E:	0.296	» B:	0.358
b:[1])	0.356	» C:	0.636 | Anfang
F:	0.575		0.749) Ende.
G:	1.158		

In Wellenlängen entsprechen diese Messungen:

Streifen	A:	$\lambda = 560.0$
»	B:	$= 516.8$
»	C:	$= 473.3$ (Mitte der Bande).

Wie nun Wolf hieraus auf eine «identité presque absolue» des Spectrums mit demjenigen des Brorsen'schen Cometen schliessen kann, ist nicht einzusehen. Allerdings fallen die Spectralstreifen des Brorsen'schen Cometen innerhalb des Gebiets der Banden des gegenwärtigen, und wenn auch bei zunehmendem Glanze der Cometen die Spectralstreifen sich verbreiten und vielleicht dieselben Grenzen erreichen können, so bleibt doch als wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Spectra zu bemerken, dass die Lichtmaxima der Banden nicht der Lage nach übereinstimmen, und dass folglich in den physikalischen Verhältnissen der Cometenmaterie in dem einen und im anderen Falle ohne Zweifel Verschiedenheiten existiren müssen.

Die eben besprochenen Beobachtungen des vorliegenden Cometenspectrums lassen wohl über die Uebereinstimmung desselben mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe im Grossen und Ganzen kaum einen Zweifel übrig. *Ein* Punkt ist aber unter den Huggins'schen Beobachtungen besonders zu beachten, die Wahrnehmung nämlich, dass die grösste Intensität der *gelben* Bande nicht an der weniger brechbaren Kante derselben gelegen, sondern etwas nach dem Violetten hin verschoben war. Beim mittleren und stärksten Streifen war indessen keine solche Verschiebung zu bemerken. Ganz ähnliche Verhältnisse hat, wie wir sehen werden, Vogel beim Cometen IV 1873 beobachtet; auch dort fiel nur bei der *mittleren* Bande die grösste Intensität mit der scharfen Kante nach dem Rothen hin zusammen. Diese Eigenthümlichkeiten dürften wohl in besonderen physikalischen Verhältnissen, oder in einer besonderen Art der electrischen Processe innerhalb der betreffenden Cometen begründet sein, und in der That scheint es möglich die Verhältnisse der electrischen Entladung in Kohlenwasserstoffröhren derart abzuändern, dass im gewöhnlichen Kohlenwasserstoffspectrum gerade diese Modificationen künstlich hervorgerufen werden können. Darauf werden wir später ausführlich zurückkommen.

1) Wolf bezeichnet mit b die «doppelte» Magnesiumlinie also $\frac{b_2 + b_4}{2}$, für welche $\lambda = 516.9$.

6) Comet I 1870.

Ueber diesen Cometen existiren keine weiteren Spectralbeobachtungen, ausser einer kurzer Notiz von Wolf und Rayet[1]), nach welcher drei helle Streifen auf einem schwachen, continuirlichen Hintergrunde gesehen worden sind, deren Lage jedoch, wegen Lichtschwäche nicht näher bestimmt werden konnte.

7) Comet I 1871.

Huggins[2]) hat das Spectrum dieses Cometen an zwei Abenden beobachtet, ohne jedoch über die Lage der Streifen befriedigende Bestimmungen erhalten zu können. Für die *Mitte* der stärksten Bande meint indessen Huggins die Wellenlänge $\lambda = 510$ annehmen zu können, und vermuthet, dass das Spectrum mit demjenigen des Brorsen'schen Cometen identisch gewesen[3]).

In Bothkamp wurde das Spectrum am 11., 14. und 22. April von Vogel[4]) beobachtet. Anfangs konnten nur zwei helle Streifen resp. im Gelben und Grünen, nebst einem sehr schwachen, continuirlichen Spectrum des sternartigen Kerns beobachtet werden, später aber gelang es, nachdem der Comet bedeutend an Helligkeit zugenommen hatte, auch einige Messungen derselben zu erhalten. Am 14. April ergab sich nämlich für die Mitte der Streifen als Mittel aus 5 Einstellungen

Streifen	A:	$\lambda = 559.0$
»	B:	$= 510.0$.

Der Streifen B war wie immer bedeutend heller als A und beide waren bei jeder Spaltstellung stets verschwommen. Das Maximum der Lichtstärke lag nicht in der Mitte, sondern mehr nach dem Rothen hin. Am 22. April erhielt Vogel als Mittel aus 4 Beobachtungen die folgenden Wellenlängen:

Streifen	A:	$\lambda = 555.0$
»	B:	$= 511.0$

und ausserdem zeigte der jetzt sehr hell gewordene Kern ein sehr vollständiges continuirliches Spectrum. Als Schlusswerthe für die Positionen der beiden Streifen nimmt Vogel an:

Streifen	A:	$\lambda = 557.0$
»	B:	$= 511.0$.

1) C. R. Vol. LXXI. p. 49.
2) Proc. Roy. Soc. XIX. p. 488.
3) Eine Wellenlängenschätzung der gelben Bande: $\lambda = 545$ weicht zu stark von den Messungen Vogel's ab, um wahrscheinlich zu sein.
4) Bothkamp. Beob. p. 60. — A. N. Bd. 77. p. 251 und 285.

Diese Positionen stimmen, wie man sieht, mit den oben für den Brorsen'schen Cometen aufgeführten ziemlich befriedigend überein, so dass in der That die Huggins'sche Vermuthung über die Identität der beiden Spectra als begründet angesehen werden kann.

8) Encke's Comet.

Die Spectralbeobachtungen des Encke'schen Cometen stammen fast sämmtlich von der Erscheinung desselben im Jahre 1871, denn bei seiner Wiederkehr im Jahre 1875 ist er nur von Konkoly spectroskopisch beobachtet worden. Die Beobachtungen sind ziemlich zahlreich, stimmen aber mit einander so wenig überein, dass es gegenwärtig sehr schwer hält sich über die wahre Natur dieses Spectrums eine befriedigende Ansicht zu bilden. Die Abweichungen betreffen sowohl die Positionen der Streifen als das allgemeine Aussehen derselben, indem einige Beobachter die weniger brechbaren Grenzen scharf gesehen haben, während Andere die Banden nach beiden Seiten verschwommen darstellen. Bei der Schwäche des Objects ist es wohl denkbar, dass diese Nichtübereinstimmung gleichzeitig gemachter Beobachtungen in den verschiedenen instrumentellen Hilfsmitteln der einzelnen Beobachter, sowie in der verschiedenen Reinheit der Luft begründet sein könnte; es ist dies aber, wie schon hervorgehoben, nur als eine, weiterer Bestätigung bedürftige, Vermuthung zu betrachten.

Die Beobachtungen Huggins's[1]), beginnen am 8. November. An diesem Abende wurde ein, nach der rothen Seite des Spectrums scharf begrenzter Streifen gesehen und noch zwei andere, sehr schwache Lichtmaxima vermuthet. Die scharfe Kante des erstgenannten Streifens entsprach der Wellenlänge:

$$\lambda = 516.0.$$

Eine directe Vergleichung des Spectrums mit demjenigen eines Kohlenwasserstoffs, zeigte eine vollkommene Uebereinstimmung, sowohl in Bezug auf die Lage, als in Betreff der allgemeinen Lichtabstufung der Bande. — Diese Beobachtungen wurden noch am 9. und 12. November wiederholt bestätigt und ausserdem die Coincidenz des dritten Streifens mit dem entsprechenden des Kohlenwasserstoffspectrums beobachtet, woraus für die weniger brechbare Kante desselben auf eine Wellenlänge $= 473.5$ geschlossen werden muss. Die erste Bande, welche bisjetzt nur ab und zu gesehen werden konnte, liess sich am 13. Nov. mit der *gelben* Bande der Kohlenwasserstoffe identificiren. Den Anfang derselben, von der rothen Seite des Spectrums gerechnet, setzt Huggins demnach bei der Wellenlänge $\lambda = 563.2$. Nach diesen Beobachtungen ist folglich das Spectrum mit dem des Cometen II 1868 und demjenigen der Kohlenwasserstoffe identisch.

Der überaus kleine Kern gab kein merkliches, continuirliches Spectrum, und ebenso liess sich keine Polarisation des Cometenlichtes mit einiger Sicherheit constatiren.

1) Proc. Roy. Soc. Vol. XX, p. 45.

Mit diesen Beobachtungen stimmen die Anfangs Dec. von Young[1]) gemachten, nur zum Theil, nämlich was das allgemeine Aussehen der Streifen betrifft, überein, differiren aber recht bedeutend in Bezug auf die Positionen derselben. Young sagt hierüber wörtlich: «The spectrum was observed on Dec. 1st, 2nd, 3th and 6th and found to consist of three bright bands, of which the central one is by far the most conspicuous. The bands are pretty sharply defined at their lower (i. e. less refrangible) edge, but fade gradually toward their upper limit». Für diese scharfen Kanten der Streifen findet Young die folgenden Wellenlängen:

	A:	*B*:	*C*:
Dec. 1	559.3	517.4	469.8
2	557.5	517.2	—
5	556.9	517.8	470.2
6	556.3	517.4	470.6
Mittel:	557.5	517.4	470.2

Es ist schwer zu sagen, wie so bedeutende Differenzen zwischen den Resultaten so geübter Spectroskopisten zu erklären sind. Die von Young bei seinen Beobachtungen benutzte Methode könnte vielleicht einige Unsicherheit herbeiführen, aber selbstverständlich keine von der Grösse der obigen Differenzen mit den Resultaten Huggins's. Die Beobachtungen wurden nämlich in der Weise angestellt, dass die Spectralstreifen durch eine im Ocularstücke des Spectroskops angebrachte Lamelle bis auf eine feine, eben sichtbare Linie bedeckt wurden, wonach an der, für einen Augenblick erleuchteten Scala des Spectroskops die Lage der Lamellenkante abgelesen wurde. Die Reduction der Beobachtungen auf Wellenlängen wurde durch Beobachtung des Spectrums einer mit Wasserstoff und Quecksilberdampf gefüllten Geissler'schen Röhre erzielt. Diese Beobachtungsmethode könnte nun allerdings die Wellenlängen der Kanten der Streifen etwas zu klein geben, aber jedenfalls nicht um solche Grössen wie die obigen Abweichungen.

In Uebereinstimmung mit Huggins hat auch Young kein continuirliches Spectrum bemerken können.

Von den bisjetzt besprochenen Beobachtungen weichen diejenigen von Vogel[2]) erheblich ab. Dieselben fangen mit Nov. 3 an und wurden bis Dec. 1. fortgesetzt. Die grosse Lichtschwäche des Cometen erlaubte anfangs nur die beiden ersten Streifen des Spectrums zu erkennen und erst am 11 Nov. konnte eine Messung der dritten Bande erhalten werden. Von den Beobachtungen Huggins's und Young's abweichend, fand Vogel die Streifen nach beiden Seiten verschwommen, obgleich mehr nach der violetten hin, und seine Messungen beziehen sich demnach auf die stärksten Stellen derselben. Die Resultate dieser Messungen sind die folgenden:

1) Sill. Journ. (3) Vol. III, p. 81.
2) Bothkamp. Beob. Heft I, p. 60. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1871, p. 642.

	A:	*B*:	*C*:
Nov. 3	—	511.3 Gew.: $\frac{1}{2}$	—
» 6	559.8 Gew.: $\frac{1}{2}$	512.8	—
» 9	553.4	510.9	—
» 11	555.7	512.5	474.3
» 13	553.6	511.1	472.9
Dec. 1	555.7	513.5	471.2
Mittel:	555.2	512.1	472.8.

Am 1. Dec. war das Spectrum besonders hell und die Streifen deutlicher als vorher, so dass der Anfang der mittleren Bande einigermassen gut gesehen werden konnte. Als Mittel aus 6 Einstellungen wurde dafür die Wellenlänge:

$$\lambda = 515.0$$

erhalten. Diese Beobachtung ist interessant, weil dadurch eine Möglichkeit erhalten wird die sehr verschiedenen Resultate der einzelnen Beobachter wenigstens einigermassen plausibel mit einander in Verbindung zu bringen. Es dürfte dies in der Weise geschehen können, dass man annimmt, dass die Streifen wirklich die von Huggins beobachteten, mit den Bandgruppen des Kohlenwasserstoffspectrums übereinstimmenden Grenzen besitzen, dass aber die Intensitätsmaxima in Uebereinstimmung mit Vogel's Beobachtungen nach der brechbareren Seite des Spectrums verschoben sind. Bei der Schwäche des Objects könnte es dann wohl eintreffen, dass die Grenzen der Streifen in verschiedenen Instrumenten verschieden gesehen worden sind, und dass Huggins, der von Allen das grösste Instrument (Oeffnung 15 Zoll) benutzt hat, auch die Banden am weitesten, und zwar bis zu der wahren Grenze derselben, hat verfolgen können. Indessen muss diese Annahme nur vermuthungsweise hingestellt werden, da die Lichtvertheilung in den Banden nach Huggins eine andere gewesen sein soll, als nach den Beobachtungen Vogel's. Gegenwärtig lässt sich die Frage endgültig nicht entscheiden, sondern ist man in Betreff derselben auf künftige Erscheinungen des Cometen hingewiesen.

Noch eine Beobachtungsreihe über das Spectrum des Encke'schen Cometen bei der Erscheinung von 1871 liegt von Harkness[1]) vor. Diese Beobachtungen umfassen den Zeitraum von Nov. 18. bis Dec. 2. und sind mit einem kleinen Fernrohre von 3 Zoll Oeffnung angestellt, an dem ein kleines Winkelspectroskop mit einem 60-gradigen Prisma angebracht war. Bei der grossen Lichtschwäche des Cometen sollte man meinen, dass die Bestimmungen mit einem so schwachen Instrumente keine besondere Sicherheit würden erhalten können, besonders da die Einrichtung des Mikrometers die Vermuthung erweckt, dass die Einstellungen auf die diffusen Cometenstreifen beträchtlich unsicher ausfallen mussten.

1) Washington Observations for 1870 App. II. Washington 1872.

Das Mikrometer bestand nämlich aus einer durch eine feine Schraube beweglichen Platte, in welcher eine kleine kreisförmige Oeffnung von 0.00796 Zoll Durchmesser angebracht war, welche Vorrichtung auf das Scalenrohr, statt der sonst dort befindlichen Scala gesteckt wurde. Durch passende Beleuchtung der Oeffnung erhielt man hierdurch im Gesichtsfelde des Spectroskops einen hellen Fleck auf das Spectrum projiciirt, der bei den Beobachtungen als Marke diente. Da aber der scheinbare Durchmesser dieses Flecks sehr beträchtlich war, nämlich $= 36'9$ oder in Schraubenumgängen $= 0'44$, so findet man durch Vergleichung mit der Reductionstafel auf Wellenlängen, dass derselbe in der Gegend der beiden ersten Cometenstreifen Spectralfelder von nicht weniger als resp. 11.5 und 9.3 Einheiten der sechsten Stelle bedeckte, — Bedingungen, welche eine zuverlässige Einstellung auf Objecte von so schwieriger Natur, wie die Cometenbanden es sind, in hohem Grade haben erschweren müssen. Nichtsdestoweniger zeigen die Beobachtungen jedes einzelnen Abends eine recht befriedigende Uebereinstimmung unter sich und die den Bestimmungen noch anhaftende Unsicherheit ist jedenfalls nicht von der Natur, dass daraus die Abweichungen der verschiedenen Abende von einander erklärlich wären. Diese Abweichungen sind im Gegentheil von systematischer Beschaffenheit, indem die erhaltenen Wellenlängen mit der Zeit stetig wachsen, gerade als hätten die Lichtmaxima der Streifen allmälich sich der weniger brechbaren Seite des Spectrums genähert. Dies ersieht man aus der folgenden Uebersicht der Resultate Harkness's:

		Streifen *A*:	Streifen *B*:
1871	Nov. 18	—	500.2
	» 25	—	505.9
	» 26	—	505.4
	» 27	533.0	509.6
	» 29	540.0	509.6
	Dec. 1	549.5	510.6
	» 2	549.0	511.6.

Ohne Zweifel ist die Zunahme dieser Wellenlängenwerthe nicht in der unvermeidlichen Unsicherheit der Beobachtungen begründet; dagegen spricht sowohl der grosse Betrag als die Regelmässigkeit derselben; aber ebensowenig scheint es wahrscheinlich, dass hier eine reelle Veränderung des Spectrums vorliegt, da weder bei anderen Cometen etwas derartiges beobachtet worden ist, noch die übrigen am vorliegenden Cometen angestellten Beobachtungen die Annahme einer solchen Verschiebung rechtfertigen. Da die Beobachtungen Differentialbeobachtungen waren, so ist auch die Annahme einer Verrückung des Nullpunkts der Scala ausgeschlossen, und ebenso zeigen die am Sonnenspectrum während und nach der Beobachtungsperiode gemachten Messungen, dass das Prisma keine Verschiebung erlitten. Es lässt sich demnach gar nicht übersehen, wie überhaupt eine Erklärung dieser Eigenthümlichkeiten gefunden werden soll, wenn man nicht eine solche in der Lichtschwäche des

Cometen suchen darf. In der That scheint der Gang der obigen Wellenlängenbestimmungen darauf hinzudeuten, dass in dem Maasse wie die Helligkeit des Cometen zunahm, dieselben sich Grenzwerthen nähern, welche mit den Resultaten anderer Beobachter leidlich übereinstimmen.

Am 1. Dec. konnte das Spectrum besser als vorher beobachtet und sogar die Grenzen der Banden geschätzt werden. Die Beobachtungen dieses Abends, die Harkness als die zuverlässigsten der ganzen Reihe betrachtet, werden nun mit den Huggins'schen des Cometen II 1868 folgendermaassen zusammengestellt:

		Encke's Comet.		Comet II 1868.
Streifen	A:	$\lambda = 555.0$	Anf.	562.0
		$= 549.5$	Max.	—
		$= 533.0$	Ende	542.0
»	B:	$= 515.0$	Anf.	516.0
		$= 510.6$	Max.	—
		$= 497$	Ende	499.0
»	C:	$= 461$	Anf.	471.0
		$= 455$	Max.	—
		$= 449$	Ende	459.0.

Harkness schliesst aus dieser Zusammenstellung, dass die beiden Spectra identisch sind, da die vorhandenen Differenzen sich aus der weniger genauen Bestimmungsmethode erklären und ausserdem das allgemeine Aussehen des Spectrums mit demjenigen des Cometen II 1868 übereinstimme. Ich kann dieser Meinung durchaus nicht beitreten, denn theils sind die Abweichungen der obigen Bestimmungen von einander jedenfalls sehr bedeutend und wären noch grösser, wenn die vorhergehenden Beobachtungen berücksichtigt worden wären, theils ist bei aller typischen Ähnlichkeit der beiden Spectra die Lichtvertheilung in denselben so verschieden, dass an eine «absolute» Identität nicht zu denken ist. Wie schliesslich Harkness aus seinen Beobachtungen schliessen kann, dass das Spectrum des Cometen «vollkommen gleich demjenigen des electrischen Funkens in oelbildendem Gase» war, ist unbegreiflich, denn weder durch die Resultate der Messungen, noch durch die beigefügte, ziemlich unvollkommene Zeichnung kann ein solcher Schluss als berechtigt angesehen werden.

Den obigen Beobachtungen vom Jahre 1871 haben wir jetzt diejenigen von Konkoly[1]) im Jahre 1875 angestellten anzureihen. Dieselben scheinen, soviel mir bekannt, die einzigen zu sein, welche bei dieser Erscheinung des Cometen gemacht worden sind. Konkoly fand alle drei Streifen des Spectrums zu beiden Seiten verschwommen, so dass nur die Lichtmaxima eingestellt werden konnten, und zwar ergab sich als Mittel aus je sechs Messungen:

1) Beobachtungen, angestellt am Astrophysikalischen Observatorium in O Gyalla in Ungarn, herausgegeben von N. v. Konkoly. Halle 1879. p. 24.

Streifen	*A*:	*B*:	*C*:
April 2:	561.0	516.0	475.1
» 4:	562.5	516.0	472.5
Mittel:	561.8	516.0	473.8.

Man sieht, dass diese Werthe sich von denjenigen des Jahres 1871 nicht unbedeutend entfernen, und dass also dies Spectrum noch immer keine befriedigende Deutung erhalten kann. Eigenthümlich ist auch die Bemerkung Konkoly's dass die mittlere Bande die schwächste gewesen sein soll und die erste die intensivste; dies steht mit sämmtlichen älteren Beobachtungen in Widerspruch, falls man nicht eine reelle Veränderung des Spectrums in der Zwischenzeit annehmen will. Wir werden später sehen, dass Secchi eine ähnliche Beobachtung am Cometen II 1874 gemacht hat.

Stellen wir nun zum Schluss sämmtliche über das vorliegende Spectrum vorhandene Beobachtungen nochmals zusammen, so erhält man die folgende Uebersicht:

Wellenlängenbestimmungen im Spectrum des Encke'schen Cometen.

Beobachter.	Streifen *A*.		Streifen *B*.		Streifen *C*.	
	Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
Huggins 1871	563.2	—	516.0	—	473.5	—
Young »	557.5	—	517.4	—	470.2	—
Vogel »	—	555.2	515.0	512.1	—	472.8
Harkness »	—	—	515.0	510.6	—	—
Konkoly 1875	—	561.8	—	516.0	—	473.8

In dieser Tafel sind von den Beobachtungen Harkness's nur diejenigen der mittleren Bande vom 1. Dec., als die zuverlässigsten, mit aufgenommen. Man sieht, dass nur beim mittleren Streifen, die Resultate der einzelnen Beobachter ziemlich befriedigend mit einander übereinstimmen. Nimmt man einfach das Mittel, da irgend eine Gewichtsbestimmung hier keine Bedeutung haben würde, so erhält man für diesen Streifen:

Streifen *B*: Anfang: $\lambda = 515.9$
Max: $= 512.9$

was mit den Bestimmungen für den Brorsen'schen Cometen recht befriedigend übereinstimmt. Für die beiden übrigen Streifen gehen die Resultate der Beobachtungen so auseinander, dass daraus schwerlich etwas geschlossen werden kann.

9) Comet IV 1871 (Tuttle).

Dieser Comet ist nur von Vogel[1]) spectroskopisch untersucht worden. Wie gewöhnlich bestand das Spectrum aus drei hellen Streifen, die ebenso wie beim Encke'schen Cometen nach beiden Seiten verschwommen waren. Für die Maxima der Intensität erhielt Vogel die folgenden Wellenlängen:

Streifen:	*A*:	*B*:	*C*:	
Nov. 11	558.4	512.6	473.7	
» 13	555.7	513.0	469.4	(Gew. : $\frac{1}{2}$)
Mittel:	557.1	512.8	472.3	

Diese Bestimmungen sind, wie man findet, mit denjenigen für mehrere andere, schon besprochene Cometen innerhalb der bei dieser Art von Beobachtungen möglichen Grenzen der Genauigkeit im Einklang.

10) Comet III 1873.

Die Spectraluntersuchungen dieses Cometen sind wegen seiner geringen Lichtstärke sehr dürftig. Wolf und Rayet[2]) haben nur zwei helle Streifen, resp. im grünen und blauen Theil des Spectrums, gesehen, beide an der weniger brechbaren Seite scharf begrenzt. Messungen werden nicht mitgetheilt. Ausserdem wurde ein verhältnissmässig gut ausgeprägtes continuirliches Spectrum beobachtet. Die scharfe Begrenzung der Banden nach dem Rothen hin schien Vogel[3]) nicht ganz unzweifelhaft, obgleich die Verschwommenheit vorzugsweise nach der brechbareren Seite des Spectrums sich bemerklich machte. Vogel konnte ausserdem noch eine dritte Bande bemerken.

11) Comet IV 1873 (Henry).

Der Henry'sche Comet wurde bald nach seiner am 13. Aug. erfolgten Entdeckung, von Rayet und André[4]) spectroskopisch untersucht. An zwei Abenden, Aug. 26. und 29. ergaben die Beobachtungen übereinstimmend ein aus drei hellen Streifen bestehendes Spectrum, welches namentlich am letzteren Abend eine besondere Helligkeit zeigte. Die Begrenzung der Streifen nach dem Rothen hin war scharf, und obgleich keine Messungen mitgetheilt sind, scheint aus der beigefügten Zeichnung jedoch mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Uebereinstimung des Spectrums mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe hervorzugehen.

Der letztere Schluss wird durch die sehr ausführlichen und interessanten Beobachtungen Vogel's[5]) ausser Zweifel gesetzt, namentlich wenn diejenigen Wahrnehmungen, wel-

1) Bothkamp. Beob. p. 62. — Ber. d. Sächs Ges. d. Wiss. 1871, p. 650.
2) C. R. Vol. LXXVII, p. 529.
3) A. N. Bd. 82, p. 217.
4) C. R. Vol. LXXVII, p. 564.
5) A. N. Bd. 82, p. 217 u. 297.

che der Zeit der grössten Helligkeit des Cometen entsprechen, näher betrachtet werden. Die mittlere Bande war der entsprechenden Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums besonders ähnlich, bei den anderen beiden schien dagegen die grösste Intensität mehr der Mitte derselben zu entsprechen. So wurde am 3. Sept. erhalten:

Streifen	A:	$\lambda = 559.0$	Max.
»	B:	$= 516.0$	Anf.
		$= 500.0$	Ende
»	C:	$= 469.0$	Max.

Am 6. Sept., nachdem der Comet heller und die Beobachtung des Spectrums dem entsprechend leichter geworden war, ergaben die Messungen für den Anfang der Streifen:

Streifen	A:	$\lambda = 561.5 \pm 0.1$
»	B:	$= 516.7 \pm 0.2$
»	C:	$= 472.6 \pm 0.2.$

Was hierbei aber besonders interessant und für die Entscheidung der Frage nach der Natur des Spectrums wichtig war, ist die Beobachtung einiger hellen Linien in der mittleren Bande, die in Bezug auf ihre Lage mit den Partialstreifen der grünen Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums vortrefflich stimmen, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist:

Comet IV 1873: Streifen B.		Spectrum der Kohlenwasserstoffe: Grüne Gruppe.	
$\lambda = 516.7$	Anf.		
$= 514.0$	Linien	516.4	Linien
$= 511.0$		512.8	
		509.8	
$= 500.0$	Ende	—	

Die Uebereinstimmung der beiden Gruppen ist jedenfalls für Beobachtungen der vorliegenden Art als sehr befriedigend zu betrachten und wird noch weiter durch die letzte am 11. Sept. angestellte Beobachtung bestätigt. An diesem Abende erhielt Vogel für den Anfang der Streifen die folgenden Bestimmungen:

Streifen	A:	$\lambda = 563.7 \pm 0.6$
»	B:	517.5 ± 0.1
»	C:	472.7 ± 0.2

wobei jedoch nur bei der *mittleren* Bande die grösste Lichtintensität mit der scharfen, weniger brechbaren Grenze derselben zusammenfiel; bei den übrigen beiden Streifen war sie etwas nach dem Violetten hin verschoben. Auf eine ähnliche Eigenthümlichkeit des Spectrums des Cometen II 1868 nach den Beobachtungen Huggins's ist schon oben aufmerksam gemacht. Die Begrenzung der Streifen nach dem Rothen hin, war indessen scharf und wurde

von einer hellen Linie gebildet. In Bezug auf den vorliegenden Cometen dürfte also die Uebereinstimmung seines Spectrums mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe der Hauptsache nach als erwiesen angesehen werden können. Sehr bemerkenswerth ist aber der Umstand, dass in demselben Verhältnisse, wie der Glanz des Cometen zunahm, auch die Grenzen der Streifen, namentlich des ersten, deutlicher zum Vorschein kamen; es scheint dies darauf hinzudeuten, dass bei genügender Lichtstärke die Cometenstreifen stets dieselben Positionen im Spectrum einnehmen, obgleich gelegentlich insofern ein Unterschied bestehen kann, dass die Maxima der Intensität etwas verschieden verlegt sind. Die Annahme eines einzigen Grundtypus für die Spectra der Cometen scheint hierdurch ihre Berechtigung zu finden.

12) Comet II 1874.

Das Spectrum dieses Cometen wurde am 7. und 10. Mai von Vogel[1]) untersucht. Obgleich wegen Lichtmangel keine Messungen der drei hellen Streifen des Spectrums erhalten werden konnten, so scheint jedoch, aus der scharfen Begrenzung derselben nach dem Rothen hin und aus der Lage der mittleren und hellsten Bande, welche *etwas* brechbarer war, als die *b*-Gruppe des Sonnenspectrums, mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Uebereinstimmung des Spectrums mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe geschlossen werden zu können. Zu diesem Resultate wurde auch Secchi[2]) durch seine Beobachtungen geführt, indem nach seiner Meinung, «das Spectrum das gewöhnliche gewesen, obgleich *nicht demjenigen der Kohle entsprechend, weil es nicht aus scharfen Linien bestand*, sondern wahrscheinlich einer Kohlenverbindung aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe gehörig». Die Bemerkung Secchi's, dass die mittlere Bande, den Vogel'schen Beobachtungen entgegen, die schwächste war, dürfte wohl auf einem Versehen beruhen. Ein in der Mitte des Cometen sichtbarer kleiner Lichtpunkt gab nach Vogel ein sehr schwaches, die hellen Streifen verbindendes, continuirliches Spectrum.

13) Comet III 1874 (Coggia).

In dem am 17. April 1874 von Coggia entdeckten Cometen begegnen wir einem Objecte, welches durch seine verhältnissmässig grosse Lichtstärke den bisjetzt sehr auseinandergehenden Resultaten der Cometenspectroskopie eine festere Basis zu verleihen scheint. Es ist nämlich dieser der einzige, bisjetzt als *hell* zu bezeichnende Comet, der einer spectroskopischen Untersuchung unterworfen worden ist, und da die grosse Lichtarmuth der meisten vorhergehenden Cometen ohne Zweifel die mangelnde Uebereinstimmung der Beobachtungen unter einander zum grössten Theil veranlasst, so ist es zu erwarten, dass im gegenwärtigen Falle in dieser Beziehung bessere Verhältnisse eintreten werden. Die jetzt

1) A. N. Bd. 85, p. 17.

2) Mem. dei Spettroscopisti Ital. Vol. III, p. 29 u. 121.

folgende detaillirte Betrachtung der vorhandenen Beobachtungen scheint dies im Grossen und Ganzen wohl zu rechtfertigen.

Zunächst mögen die sehr zahlreichen Beobachtungen Vogel's[1]) näher in Betracht gezogen werden. Dieselben fangen schon am 6. Mai an und erstrecken sich bis in den Monat Juli hinein, und da sie neben denjenigen Bredichin's die vollständigsten sind, so glaube ich eine ausführliche Aufführung derselben hier als besonders zweckentsprechend betrachten zu dürfen.

1874 Mai 6. Das Spectrum bestand aus drei Streifen, von denen der mittlere und stärkste sich in der Nähe der *b*-Gruppe des Sonnenspectrums befand. Ausserdem noch ein deutliches continuirliches Spectrum.

Mai 18. Der Comet heller, ebenso das Spectrum. Die mittlere Bande scharf begrenzt nach dem Rothen hin. Die Wellenlänge der scharfen Begrenzung dieser Bande wurde zu $\lambda = 515.0$ bestimmt.

Mai 19. Der Kern gab ein sehr helles continuirliches Spectrum, welches von den drei hellen Streifen des Bandenspectrums durchzogen war. Sonst nichts zu bemerken. Die mittlere Bande war nach dem Rothen hin durch eine feine, delicate Linie begrenzt, deren Wellenlänge $= 516.2$ gefunden wurde. Die grösste Intensität der Bande befand sich aber nicht hier, sondern bei $\lambda = 512.0$.

Juni 4. Folgende Messungen wurden erhalten:

Streifen	*A*:	$\lambda = 561.4$	Scharfe Kanten nach dem Rothen hin.
»	*B*:	$= 514.0$	
»	*C*:	$= 473.3$	
		$= 469.2$	Max.

Sehr interessant ist noch die Bemerkung, dass, obgleich die Intensität der Streifen im Ganzen nach der brechbareren Seite des Spectrums hin abnahm, diese Abnahme beim mittleren Streifen jedoch nicht stetig, sondern durch einige Stellen von grösserem Glanz unterbrochen war. Ohne Zweifel entsprechen diese secundären Maxima den Partialstreifen des Kohlenwasserstoffspectrums.

Juni 7. Bei schlechter Luft wurden mit einem kleinen Spectroskope die folgenden Wellenlängen durch Schätzung erhalten:

Streifen	*A*:	$\lambda = 557.0$
»	*B*:	$= 518.0$
»	*C*:	$= 473.0.$

Juni 13. Die Beobachtungen befriedigend. Mit einem grösseren Spectralapparate wurden zahlreiche Messungen erhalten, aus denen die folgenden Wellenlängen hervorgingen:

1) A. N. Bd. 85, p. 17.

Streifen	A:	$\lambda = 561.5$	Scharfe Kanten nach dem Rothen hin.
»	B:	$= 515.5$	
»	C:	$= 470.9$	

Als Mittel aus zwei Beobachtungen wurde ausserdem weiter erhalten:

Streifen	A:	B:	C:
Anf.	562.9	516.0	471.5
Max.	553.9	512.5	469.0
Ende	541.0	500.0	465.0.

Das Maximum des Streifens B bestand aus einer starken Linie, ausser welcher noch ein Paar Linien bemerkt wurden, die um so schwächer erschienen je weiter sie nach dem Violetten hin lagen. Eine derselben hat Vogel wiederholt gesehen und deren Abstand von $\lambda = 512.5$ ebenso gross wie den Abstand der letzteren Linie von der Grenze der Bande gefunden. Die Wellenlänge derselben würde danach $\lambda = 509.0$[1]) betragen. Aus diesen Beobachtungen folgt somit, dass Vogel alle drei Partialstreifen der grünen Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums im Spectrum des Cometen wiedergefunden hat.

Juni 14. Als Resultat der Beobachtungen werden die folgenden Wellenlängen gegeben, wie vorher für die weniger brechbare Kante der Streifen geltend:

Streifen	A:	$\lambda = 563.2$
»	B:	$= 514.5$
»	C:	$= 471.4$

und unter Anwendung einer etwas weiteren Spaltöffnung, für die Maxima der Intensität:

Streifen	A:	$\lambda = 553.6$
»	B:	$= 510.4$
»	C:	$= 467.9.$

Juni 15. Aus vier Bestimmungen erhielt Vogel:

Für den Streifen	A:	$\lambda = 563.9$
» »	B:	$= 515.0$
» »	C:	$= 471.7.$

Die Bande B war deutlich gestreift.

Juni 22. Bei möglichst schmaler Spaltstellung wurde aus drei Einstellungen für den Streifen B erhalten

$$\lambda = 515.0.$$

Diese Beobachtungen sind alle in Bothkamp angestellt. Anfang Juli wurde der Comet nochmals in Berlin beobachtet, es zeigte sich aber dabei, dass die in der Zwischenzeit

1) In A. N. steht unrichtig $\lambda = 499$.

erfolgte Lichtzunahme desselben hauptsächlich nur im continuirlichen *Kernspectrum* sich bemerklich machte, indem dies verhältnissmässig viel mehr an Glanz zugenommen hatte, als das eigentliche Streifenspectrum. Auf diesen Umstand werde ich später zurückkommen.

Vogel stellt schliesslich seine sämmtlichen Beobachtungen übersichtlich zusammen, jedoch mit Ausschluss derjenigen vom 7. Juni, welche nur auf Schätzung beruhen. Die in der folgenden Tafel unter *P* aufgeführten Zahlen sind die von Vogel den einzelnen Werthen zugetheilten Gewichte:

Beob. Tag.	Streifen *A.*		Streifen *B.*		Streifen *C.*	
	λ.	*P.*	λ.	*P.*	λ.	*P.*
1874 Mai 18	—	—	515.0	1/4	—	—
» 19	—	—	516.2	3/4	—	—
Juni 4	561.4	1/2	514.0	3/4	473.3	1/2
» 13	561.5	1	515.5	1	470.9	1
» 13	562.9	1/4	516.0	1/4	471.5	1/4
» 14	563.2	3/4	514.5	3/4	471.4	3/4
» 15	563.9	3/4	515.0	3/4	471.7	3/4
» 22	—	—	515.0	1/2	—	—
Mittel:	562.5		515.1		471.6	

Diese Zahlen gelten nun für die scharfen Begrenzungs-Linien der Streifen nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums. Mit diesen Positionen fallen aber nicht diejenigen der Intensitätsmaxima der Banden zusammen, sondern dieselben sind etwas nach dem Violetten hin verschoben. Die hierüber von Vogel gemachten Beobachtungen sind in der folgenden Tafel zusammengestellt:

Beob. Tag.	Streifen *A.*		Streifen *B.*		Streifen *C.*	
	λ.	*P.*	λ.	*P.*	λ.	*P.*
Mai 19	—	—	512.0	1/2	—	—
Juni 4	—	—	—	—	469.2	1
» 13	553.9	1	512.5	1	469.0	1
» 14	553.6	1/2	510.4	1/2	467.9	1/2
Mittel:	553.8		511.8		468.9	

Für das Studium des vorliegenden Spectrums sind die Beobachtungen Bredichin's[1]) durch ihre grosse Zahl und gute Uebereinstimmung unter einander sehr wichtig. Dieselben umfassen den Zeitraum von Juni 21. bis Juli 8., und die Lage der Cometenstreifen wurde theils durch mikrometrische Messungen, theils durch Vergleichung mit ein Paar Geissler'schen Röhren erhalten. Diese Röhren sollten nach der Aufschrift zwei Kohlenwasserstoffe:

1) Annales de l'Observatoire de Moscou. Vol. II, p. 88.

C_2H_3 und C_nH_n enthalten; das Spectrum derselben war aber offenbar dasjenige des *Kohlenoxyds*, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht:

	Spectrum der Röhren nach Bredichin.		Spectrum des Kohlenoxyds und des Wasserstoffs nach Ångström u. Thalén.
Streifen	A:	$\lambda = 560.6$	560.7
»	B:	$= 520.1$	519.7
Linie:		$= 486.4$	$486.1 = F = H_\beta$
Streifen	C:	$= 483.7$	483.3

Wahrscheinlich ist also die Verdünnung in den Röhren sehr gross gewesen, da unter solchen Verhältnissen das Kohlenoxydspectrum immer erhalten wird, man mag die Röhren füllen wie man will.

Die aus den Beobachtungen für die scharfen, weniger brechbaren Kanten der Streifen A und B und für die hellste Stelle von C abgeleiteten Wellenlängen stellt Bredichin folgendermassen zusammen:

Beob. Tag.	Streifen A.	Streifen B.	Streifen C. Max.
1874 Juni 21	—	516.1	—
» 22	567.3	516.4	—
» 23	—	516.7	—
» 24	559.3	518.2	—
» 25	560.6	516.8	468.7
» 26	574.0	516.1	468.7
» 27	563.3	517.5	476.1
» 28	562.6	515.3	471.0
Juli 2	—	516.9	—
» 3	560.6	516.2	473.1
» 4	560.6	516.2	468.9
» 7	560.6	516.3	471.5
» 8	560.6	516.3	471.1
Mittel:	563.0	516.5	471.1
	± 0.7	± 0.2	± 0.6

Man sieht, dass die Uebereinstimmung, sowohl mit den Vogel'schen Beobachtungen, als mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe eine sehr befriedigende ist. Vom *Kerne* hat auch Bredichin ein helles, continuirliches Spectrum beobachtet, welches in Uebereinstimmung mit den Wahrnehmungen Vogel's an relativer Intensität mehr und mehr zunahm, sogar derart, dass «es das Bandenspectrum merklich schwächte» (Juli 3). Aber ausser diesem Spectrum konnte, als der Kern von dem Spalte weggeschoben wurde, noch ein zweites, breites, aber sehr schwaches continuirliches Spectrum bemerkt werden, welches die Zwi-

schenräume zwischen den Streifen ausfüllte. Dasselbe wurde auch von Huggins und Christie beobachtet. Ist dies vielleicht reflectirtes Sonnenlicht?

Ich gehe jetzt zu den Beobachtungen Huggins's[1]) über, welche in dem Zeitraume vom 1. bis 15. Juli angestellt wurden. Huggins unterscheidet bei seiner Beschreibung der Spectralerscheinungen des Cometen drei Spectra, nämlich:

1) *Das Bandenspectrum.*
2) *Das schmale, vom Kerne des Cometen herrührende continuirliche Spectrum.*
3) *Ein breites, schwaches, continuirliches Spectrum, welches sich zwischen den Streifen des ersten Spectrums erstreckte.*

Was nun zunächst das *Bandenspectrum* betrifft, so fand Huggins dasselbe sowohl in Bezug auf die Lage als in Betreff des Aussehens der Streifen mit dem Spectrum des Cometen II 1868 übereinstimmend. Dass dasselbe demnach auch dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe entsprach wurde noch weiter durch Vergleichung mit dem Spectrum des electrischen Funkens in oelbildendem Gase und mit demjenigen des blauen Conus einer Oellampe bestätigt, sowie auch dadurch, dass die Streifen wegen der grossen Helligkeit des Cometen und namentlich im Anfange der Beobachtungsperiode in Partialstreifen aufgelöst werden konnten[2]). Diese Auflösung erschien an der Grenze der Coma, wo das continuirliche Spectrum am schwächsten war, besonders deutlich. Die Coincidenz der Cometenstreifen mit denjenigen des Lampenspectrums schien indessen Huggins nicht ganz vollkommen zu sein, vielmehr liess sich eine kleine Verschiebung derselben nach dem Violetten hin bemerken, die Huggins zu etwa $^1/_4$ des Abstandes der Linien $b_3 - b_5$ des Sonnenspectrums schätzt und als von der Annäherung des Cometen an die Erde herrührend betrachtet. Erwägt man aber, dass die Bestimmung einer so kleinen Grösse (ungef. 1 Einheit der 7. Stelle der Wellenlänge) in einem Spectrum wie dem vorliegenden, dessen Streifen noch weniger scharf als diejenigen des Vergleichspectrums erschienen, überaus unsicher ausfallen muss, und dass ausserdem die wirkliche Bewegung des Cometen gegen die Erde hin nur wenig mehr als die Hälfte der der erwähnten Verschiebung entsprechenden Grösse betrug, so wird der Realität einer solchen geringen Verschiebung eine nur geringe Wahrscheinlichkeit beigemessen werden können.

Die mehrfach erwähnte violette Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums nahe bei *G*, welche vorher in keinem Cometenspectrum hat beobachtet werden können, liess sich auch hier nicht sehen. Ich habe schon oben auf den Unterschied, der in Betreff dieser Gruppe zwischen dem electrischen und dem Flammenspectrum der Kohlenwasserstoffe besteht, aufmerksam gemacht, und darauf gestützt, die Vermuthung ausgesprochen, dass das Fehlen derselben in den Spectra der Cometen auf den auch ohnehin sehr wahrscheinlichen electrischen Ursprung derselben hinweist. Huggins meint das Fehlen dieser Gruppe als ein Cri-

1) Proc. Roy. Soc. Vol. XXIII, p. 154.

2) Huggins's Beobachtungen liegen der Zeit nach symmetrisch zu der Zeit des Perihel durchgangs (Juli 8. 9) und beziehen sich folglich auf die Zeit der grössten Thätigkeit innerhalb der Cometenmasse.

terium für die niedrige Temperatur der Cometenmaterie betrachten zu müssen, indessen scheint mir dies nicht ganz bindend, da nach Untersuchungen von E. Wiedemann[1]) und mir[2]) ein Leuchten der Gase bei überaus niedriger Temperatur unter dem Einflusse der electrischen Entladung stattfinden kann, ohne dass dabei im Spectrum des Gases Lichtgattungen von grösserer Brechbarkeit vermisst werden. Es scheint vielmehr wahrscheinlich, dass hierbei die innere Constitution der einzelnen Gase und die Art der electrischen Erregung das massgebende sei.

Von dem *orangefarbigen* etwa 2″ bis 3″ im Durchmesser haltenden *Kerne* des Cometen beobachtete Huggins ein schmales, continuirliches Spectrum, ohne alle dunklen Linien. Das Spectrum endete ziemlich plötzlich in der Nähe von *G*. Auf die Deutung dieses Spectrums im Zusammenhange mit der Farbe des Kerns werde ich weiter unten zurückkommen. Merkwürdig ist aber, dass, während die meisten Beobachter in Uebereinstimmung mit Huggins die Farbe des Kerns als *gelblich* oder *orange* bezeichnen, Bredichin dieselbe als *blau* («bleuatre» — «d'une couleur bleue claire») angiebt, trotzdem dass er in Bezug auf das Spectrum desselben einmal wenigstens besonders bemerkt, dass «on y voit clairement la couleur rouge». Dies scheint allerdings schwer zu erklären.

Das das Gasspectrum begleitende continuirliche Spectrum war in allen Theilen der Coma zu sehen. Nahe der Grenze derselben und im dunklen Raume hinter dem *Kerne* war es jedoch äusserst schwach, während das Gasspectrum deutlich hervortrat, wogegen in den helleren Theilen des Cometen die Intensität derselben im Verhältniss zum Streifenspectrum erheblich grösser erschien.

Ausser den bisjetzt besprochenen, als die wichtigsten anzusehenden Beobachtungen, sind noch mehrere andere vorhanden, die, obgleich weniger ausführlich, jedoch werthvolle Beiträge zur Kenntniss der Spectralverhältnisse des vorliegenden Cometen bilden, und demzufolge auch hier näher zu betrachten sind. Dazu gehören z. B. diejenigen von Rayet[3]). Dieselben stehen in einer Beziehung ganz vereinzelt, indem nach denselben die Spectralstreifen des Cometen nicht nach dem Violetten hin abschattirt, sondern nach beiden Seiten scharf begrenzt erschienen sein sollen. Rayet meint aus diesem Grunde, dass bei grösserer Lichtstärke, die Streifen vielleicht auf lineare Form zu reduciren wären. Die erwähnte Eigenthümlichkeit der Streifen muss indessen ohne Zweifel auf einem Irrthum beruhen, da von sämmtlichen übrigen Beobachtern nichts derart bemerkt worden ist[4]). Vom *Kerne* wurde auch ein schmales, continuirliches Spectrum beobachtet.

In den Untersuchungen Secchi's über das Spectrum des vorliegenden Cometen, welche sich über den Zeitraum von Mai 16. bis Juli 17. erstrecken, hat man ein auffallendes Beispiel, wie leicht eine ungenügende Kenntniss der Einzelheiten der reinen Spectralanalyse,

1) Wiedemann's Ann. d. Phys. Bd. VI, p. 298.

2) Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg Vol. XXVII, p. 1. 1879.

3) C. R. Vol. LXXVIII, p. 1650.

4) In A. N. № 2003 hat d'Arrest in Gegentheil ausdrücklich hervorgehoben, dass die Streifen nach dem Violetten hin «bestimmt» abschattirt waren.

sobald es sich darum handelt dieselben zur Deutung der Spectralerscheinungen des Himmels zu benutzen, zu Confusion Veranlassung geben kann. Um dies näher darzulegen wollen wir die Secchi'sche diesen Gegenstand betreffende Note[1]) etwas eingehender betrachten. Secchi sagt erst: «Lo spettro della cometa Coggia fu il solito delle altre, cioè di tre zone riferibili al carbonio e di lunghezza d'onda 562.9, 516.1, 473.8 e si vide tale fino dalla sera del 16 maggio: ma vi fu notato come particolarità speciale che l'intensità delle zone non era coll'ordine solito nelle altre comete. Infatti mentre la Tempel (II 1874, siehe oben) avea per zona più viva la zona azurra cioè l'ultima dal lato più refrangibile, questa invece, avea per la più viva la media nel verde». Man sieht hieraus, dass die Beobachtungen Secchi's in Bezug auf die Lage der Cometenstreifen befriedigend mit denjenigen von Vogel, Bredichin u. A. übereinstimmen, obgleich seine Bezeichnung derselben als der Kohle entsprechend nicht als zutreffend betrachtet werden kann. Was aber Secchi mit dem letzteren Theile des obigen Satzes meint, lässt sich schwer übersehen, denn mit Ausnahme der genannten Beobachtung des Cometen II 1874, (welche übrigens, wie wir oben gesehen, den Vogel'schen Untersuchungen desselben Objects widerspricht), und Konkoly's Bemerkung in Bezug auf das Spectrum des Encke'schen Cometen, stimmen alle bisjetzt bekannt gewordenen Spectralbeobachtungen der Cometen darin überein, dass die mittlere Bande die stärkste ist, und Secchi's eigene Beobachtungen an anderen Cometen bilden von dieser Regel keine Ausnahme.

Von der Ansicht geleitet, dass das Spectrum des Cometen demjenigen der *Kohle* entsprach unternahm nun Secchi eine nähere Vergleichung desselben mit den Spectra einiger Geissler'schen Röhren, welche Verbindungen der Kohle mit Sauerstoff und Wasserstoff enthielten, und zwar nach den Aufschriften der Röhren: CO, CO^2 und HC^2. Die dabei gefundene genaue Uebereinstimmung zwischen dem Cometenspectrum und demjenigen der Röhren zeigt, mit Bezugnahme auf die oben mitgetheilten Wellenlängen, dass die beiden ersten Röhren unzweifelhaft *feuchte* Gase enthielten, da das fragliche Spectrum den Kohlenwasserstoffen und nicht dem Kohlenoxyd oder der Kohlensäure gehört, sowie auch wie unbedingt nöthig eine vorhergehende genaue Untersuchung derartiger käuflichen Röhren ist, sobald dieselben zu wissenschaftlichen Zwecken angewandt werden sollen. Obgleich nun die drei Röhren, was die Lage der Banden betrifft dasselbe Spectrum gaben, so stellte sich indessen unter ihnen insofern ein Unterschied heraus, dass die HC^2-Röhre die grösste Intensität bei der *blauen* Bande, die übrigen beiden aber wie gewöhnlich bei der *grünen* zeigten. Ein solches Verhalten einer Kohlenwasserstoffröhre ist jedenfalls sehr merkwürdig und steht in der That ganz vereinzelt da, wenigstens ist mir bisjetzt keine derartige Angabe von anderen Beobachtern bekannt geworden und selbst habe ich auch eine solche Lichtvertheilung niemals beobachtet. Aus diesem Umstande zieht aber Secchi den Schluss, dass das Cometenspectrum, da bei demselben die mittlere Bande die stärkste war, auf

1) Memorie dei Spettroscopisti Ital. Vol. III, 1874, p. 117 — 126.

Kohlenwasserstoffe nicht zurückgeführt werden könne, sondern vielmehr auf *Kohlenoxyd*, da das Intensitätsverhältniss der Banden demjenigen der Spectra der beiden anderen obengenannten Röhren entsprach. («Pare che da questo si possa concludere, che la combinazione del Carbonio coll'ossigeno avea nella Cometa la precedenza»). Wie soll man nun dies verstehen? Erst wird gesagt, dass das Cometenspectrum dem gewöhnlichen Kohlenspectrum entspricht, d. h., nach den damaligen Vorstellungen, unserem jetzigen Kohlenwasserstoffspectrum, dann aber, dass beim Cometen das Kohlenoxyd praedominirte! Die Erklärung findet man aber, wie es scheint, in der weiter unten angeführten falschen Deutung des Kohlenwasserstoffspectrums. Secchi führt nämlich an, wie er im mittleren Theile des Voltabogens zwischen Kohlenelectroden ein Spectrum beobachtet hat, welches nach seiner Beschreibung[1]) gerade das Spectrum der Kohlenwasserstoffe war; er erklärt aber dies Spectrum als eine Superposition der Spectra der *Kohle* und des *Kohlenoxyds*, indem er die scharfen, hellen Linien, welche die Partialbanden nach dem Rothen hin begrenzen, als die Linien der Kohle als Element, und die abgestuften Streifen, auf welchen dieselben liegen, als das Spectrum des Kohlenoxyds bezeichnet. In der neuesten Zeit hat nun allerdings auch Wüllner (S. oben p. 15) diese hellen Linien als ein Linienspectrum der Kohle hingestellt: ich habe aber, wie ich glaube, aus triftigen Gründen, die ausserordentliche Unwahrscheinlichkeit einer solchen Auffassung genügend betont, und abgesehen hiervon zeigt der letzte Theil der Secchi'schen Interpretation des beobachteten Spectrums, dass das wahre Kohlenoxydspectrum ihm ganz unbekannt gewesen sein muss, da die schattirten Banden desselben im Spectrum eine ganz andere Lage einnehmen.

Ein Unterschied zwischen den Cometenbanden und denjenigen der Röhrenspectra, auf welchen Secchi ein besonders grosses Gewicht zu legen scheint, bestand darin, dass die ersteren nach dem Violetten hin eine krumme Begrenzung zeigten, während dies bei den Banden der Vergleichspectra nicht der Fall war. In dieser Eigenthümlichkeit des Cometenspectrums liegt aber nichts merkwürdiges, wenn man erwägt, dass die Ausdehnung der schattirten Banden der Kohlenverbindungen und anderer Spectra von analoger Natur mit der Intensität der Lichtquelle wächst, und dass die Helligkeit des Cometen vom Kerne aus mehr und mehr abnimmt. Denn wenn man sich das Telespectroskop auf den Cometen so eingestellt denkt, dass der Mittelpunkt des Spalts mit den hellsten Theilen desselben zusammenfällt, so muss offenbar die Ausdehnung der Spectralstreifen längs der Mittellinie des Spectrums grösser werden als in der Nähe der Kanten desselben, welche den lichtärmeren Theilen des Cometen entsprechen. Für die Deutung der physikalischen Verhältnisse des Cometen lässt sich also diesem Umstande keine Bedeutung zuschreiben, solange man die Beziehungen zwischen der Ausdehnung der Spectralbanden und den Erzeugungsverhältnissen der Spectra nicht näher kennt.

Bei allen bisjetzt spectroskopisch beobachteten Cometen beschränkt sich das Spectrum

1) Mem. dei Spettroscopisti. Vol. II 1873, p. 122.

auf die drei mittleren Banden der Kohlenwasserstoffe, indem von der rothen und violetten Gruppe des letztgenannten Spectrums keine Spuren wahrgenommen worden sind. Beim vorliegenden Cometen ist es indessen unter dem reinem Himmel Roms Secchi gelungen von diesen Banden Andeutungen zu sehen, und zwar am 4. Juni von der violetten und am 2. Juli, unter Anwendung eines kleinen Sternspectroskops ohne Spalt, von der rothen. Diese Beobachtungen sind von grossem Interesse, da daraus hervorgeht, dass die durch die Abwesenheit dieser Gruppen bedingte Unvollständigkeit der Cometenspectra im Vergleich zu dem als Typus derselben anzusehenden Kohlenwasserstoffspectrum einfach auf mangelnde Lichtstärke zurückgeführt werden kann.

Von dem gelblichen Kerne des Cometen beobachtete Secchi mehrfach ein helles continuirliches Spectrum ohne alle Absorptionslinien.

In Greenwich hat Christie[1]) in der ersten Hälfte des Juli den Cometen spectroskopisch untersucht. Das Spectrum wurde dabei mit einer *Kohlensäure* enthaltenden Röhre verglichen und für zwei der Streifen eine merkliche Uebereinstimmung gefunden. Da nun Röhren, welche mit Kohlensäure gefüllt sind, das Spectrum des *Kohlenoxyds* geben, und zwar dies Spectrum *allein*, falls das Gas gehörig rein ist[2]), so muss das von Christie benutzte Rohr wahrscheinlich mit nicht genügend getrocknetem Gase gefüllt gewesen, und demzufolge das Kohlenwasserstoffspectrum gezeigt haben[3]), da es nicht wahrscheinlich ist, dass sonst eine Uebereinstimmung der Spectra hätte beobachtet werden können. Die dritte Bande wurde nicht näher bestimmt. Alle Streifen waren an der weniger brechbaren Seite scharf begrenzt und nach dem Violetten hin allmälich verlaufend. Im continuirlichen Spectrum des *Kerns* meint Christie Spuren einiger helleren Stellen, sowie, in Uebereinstimmung mit d'Arrest, 3 oder 4 dunkle, nicht näher zu fixirende Banden bemerkt zu haben. Das zweite von Huggins und Bredichin gesehene continuirliche Spectrum der Coma wurde auch beobachtet, und eine, namentlich gegen Mitte Juli eintretende Zunahme der Intensität desselben bemerkt. Die Bemerkung Christie's, dass diese Zunahme möglicherweise, wegen des niedrigen Standes des Cometen, durch Dämmerungslicht bedingt sein könne, ist sehr plausibel, weil nach Vogel und Bredichin, eine solche Zunahme nur beim *continuirlichen Spectrum des Kerns*, sich in dieser Periode bemerklich machte, nicht aber beim continuirlichen Spectrum der Coma.

Die Beobachtungen Konkoly's[4]) sind mit denjenigen von Vogel, Bredichin und Huggins in einer vorzüglichen Uebereinstimmung. Das Spectrum wurde schon am 26 Mai gesehen, allein erst am 4. Juni wurden Messungen erhalten, deren Resultate noch am 10. Juni wiederholt bestätigt wurden. Als Mittel aus vielen Einstellungen ergaben sich für die beiden Tage resp. die folgenden Werthe der Wellenlängen:

---

1) M. N. Vol. XXXIV, p. 491. 1874. — Greenwich. Observations for 1875, p. 121.
2) Vergl. oben, p. 11.
3) Ebendaselbst, p. 8.
4) Beob. in O Gyalla, p. 20.

Streifen:	*A*:	*B*:	*C*:
Juni 4	563.3	515.0	472.1
» 10	563.5	514.9	473.2
Mittel:	563.4	515.0	472.6.

Neben diesem Streifenspectrum wurde ausserdem vom *Kerne* ein schmales, continuirliches Spectrum beobachtet. Dasselbe hatte das Aussehen eines Sternspectrums, wenn es ohne Cylinderlinse betrachtet wird, und gehörte unzweifelhaft *nur* dem *Kerne*, denn, sobald dieser vom Spalte entfernt wurde, verschwand auch das continuirliche Spectrum. Bei der letzten Beobachtung, welche am 3. Juli stattfand, hatte das Spectrum des Cometen eine bedeutend grössere Intensität erreicht, besonders aber der continuirliche Theil desselben. An diesem Abende wurde auch durch directe Vergleichung die Uebereinstimmung des Cometenspectrums mit dem Kohlenwasserstoffspectrum unzweifelhaft festgestellt.

Schliesslich hat noch d'Arrest[1]) das Spectrum des Cometen in Kopenhagen beobachtet, natürlich unter weniger günstigen Bedingungen, da die grosse Helligkeit der Kopenhagener Sommernächte das Cometenlicht zu sehr schwächte. Das Bandenspectrum ist jedoch gesehen worden, und zwar am besten der Streifen *B*, weniger gut *A*, und von *C* nur ab und zu Spuren. Die Begrenzung der Streifen nach dem Rothen hin war deutlich scharf und im continuirlichen Spectrum des Kerns wurden einige dunkle Absorptionsbanden vermuthet.

Aus der Gesammtheit aller dieser Beobachtungen dürfte mit voller Berechtigung der Schluss gezogen werden können, dass das Spectrum des vorliegenden Cometen fast vollständig mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe identisch war. Ich sage *fast* vollständig, weil nach Vogel's Beobachtungen die grösste Intensität der Streifen nicht mit der weniger brechbaren Kante derselben zusammenfiel, sondern nach dem Violetten hin verschoben erschien. Betrachtet man aber nur die Positionen der nach dem Rothen hin liegenden Kanten der Streifen, so findet eine so vorzügliche Uebereinstimmung mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe statt, wie es bei solchen Spectralbeobachtungen überhaupt erwartet werden kann. Dies geht aus der folgenden Zusammenstellung aufs deutlichste hervor:

Bandenspectrum des Cometen Coggia (III 1874).

Beobachter.	Streifen *A*.		Streifen *B*.		Streifen *C*.	
	Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
Vogel	562.5	553.8	515.1	511.8	471.6	468.9
Bredichin	563.0	—	516.5	—	—	471.1
Konkoly	563.4	—	515.0	—	472.6	—
Mittel:	562.8	—	516.1		471.9	470.0
Spectrum der Kohlenwasserstoffe	563.4	—	516.3		473.7	470.1

2) A. N. Bd. 84, p. 139.

In dieser Tafel sind die Mittel unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Fehler der Resultate der einzelnen Beobachter gebildet. Für Konkoly ist dabei für den wahrscheinlichen Fehler, wie ich glaube ziemlich plausibel, der Werth ± 0.4 gesetzt. In der letzten Zeile sind die Wellenlängenwerthe des Kohlenwasserstoffspectrums aus der Tafel (p. 21) reproducirt und dabei für den dritten Streifen das Mittel aus der zweiten und dritten Linie der blauen Kohlenwasserstoffgruppe dem Maximum desselben gegenübergestellt.

14) Comet IV 1874 (Borelly).

Die einzigen spectroskopischen Beobachtungen, welche, soviel mir bekannt, über diesen Cometen angestellt worden sind, rühren von Konkoly[1]) her. Der Comet wurde am 29. Juli als schwacher Nebel aufgefunden, in dessen centraler Condensation ein schwaches Sternchen bemerkt wurde. Später, als die Lichtentwickelung etwas zugenommen hatte, wurden mehrere sternartige Kerne bemerkt und bei Anwendung starker Vergrösserung erschien der Comet als ein Complex von kleinen, in einer Nebelmasse eingebetteten Sternchen. Wegen Lichtschwäche liess sich das Spectrum nur schwer beobachten, besonders die blaue Bande. Die Streifen waren zu beiden Seiten verwaschen, wesshalb die erhaltenen Positionen sich auf die stärksten Stellen derselben beziehen. Die Beobachtungen sind die folgenden:

Beob. Tag.	Streifen *A.*	Streifen *B.*	Streifen *C.*
1874 Aug. 11	559.8	513.0	—
Sept. 7	558.7	514.2	470.0
» 21	560.0	513.8	—
Mittel:	559.5	513.6	—

Die Lage des dritten Streifens betrachtet Konkoly selbst als sehr unsicher, da dieselbe nur geschätzt ist. Sonst stimmen, wie man sieht, die Bestimmungen befriedigend genug mit denjenigen für andere Cometen überein, sodass also auch dieser Comet in spectroskopischer Beziehung sich dem allgemeinen Typus anreihen lässt. Das Intensitätsverhältniss der Streifen war beiläufig das gewöhnliche, nur erschien die dritte Bande relativ sehr schwach. Konkoly schätzt nämlich die resp. Intensitäten am 11. Aug. und 7. Sept. folgendermaassen: 3 : 5 : 0.3 und 3 : 4 : 0.5, was mit dem folgenden Cometen sehr contrastirt, für welchen das Verhältniss 1 : 5 : 3 erhalten wurde.

15) Comet I 1877 (Borelly).

Auch dieser Comet scheint nur von Konkoly[2]) genauer spectroskopisch untersucht worden zu sein, denn obgleich das Spectrum auch von Secchi[3]) gesehen worden ist und

1) Beob. in O Gyalla, p. 22.
2) Beob. in O Gyalla, p. 26.
3) Bullet. Meteorol. dell'Oss. del Coll. Rom. Vol. XVI, p. 3.

als das gewöhnliche bezeichnet wird, so sind jedoch von ihm keine Messungen publicirt worden. Das Spectrum war sehr schwach, namentlich die gelbe Bande. Konkoly erwähnt nicht, ob die Streifen an der weniger brechbaren Kante scharf begrenzt waren; wahrscheinlich ist dies bei der grünen Bande wenigstens der Fall gewesen, da die erhaltene Wellenlänge derselben darauf hindeutet. Bei der schwachen gelben Bande ist es wahrscheinlich das Intensitätsmaximum, welches beobachtet worden ist. Folgende Wellenlängenbestimmungen wurden erhalten:

Beob. Tag.	Streifen *A*.	Streifen *B*.	Streifen *C*.
1877 März 1	555.2	518.7	476.6
» 2	556.0	516.6	476.5
Mittel:	555.6	517.6	476.5

16) Comet II 1877.

Das Spectrum dieses, nur auf Lord Lindsay's[1]) Sternwarte beobachteten Cometen zeigt wieder dieselben Eigenthümlichkeiten, wie mehrere der vorhergehenden Cometenspectra, indem wenigstens beim grünen Streifen die Begrenzung nach dem Rothen hin mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe übereinstimmt, während die grösste Intensität der Streifen nach dem Violetten verschoben ist. Schon am 11. April konnten die drei hellen Banden gesehen werden und zwar bei schwacher Dispersion durch ein schmales, continuirliches Spectrum verbunden; — bei Anwendung stärkerer Dispersion nahm die Breite der Streifen bedeutend zu und die Zwischenräume erschienen dunkel. Am 18. April wurden die folgenden Beobachtungen erhalten:

Bei $\lambda = 556.0$. Sehr schwache Linie.
$= 516.0$. Starke Linie, gegen Roth scharf begrenzt, nach dem Violetten hin verwaschen.
$= 472.2$. Schwache Bande, gegen Roth ziemlich scharf begrenzt.

Mit dem Worte *Linien* soll wohl hier eigentlich *Streifen* verstanden werden. Für dieselben wurden dagegen am 5. Mai die folgenden Wellenlängen beobachtet:

Streifen *A*: 558.0
» *B*: 508.6
» *C*: 467.9

1) M. N. Bd. XXXVII, p. 430.

und schliesslich am 6. Mai bei sehr klarer Luft und mit Anwendung eines Grubb'schen Spectroskops mit zusammengesetztem Prisma:

Streifen *A*:	$\lambda = 569.6$.	Sehr schwache Linie.	
	$= 559.3$.	»	» Bande.
	$= 550.0$.		
	$= 543.0$.	»	» Linie.
» *B*:	$= 517.5$.	Grenze nach dem Rothen hin.	
	$= 513.4$.	Max.	
	$= 510.7$.	Mitte der Bande.	
	$= 498.6$.	Ende.	
» *C*:	$= 470.5$.	Max.	

Die erste Linie des ersten Streifens weicht in Bezug auf die Lage zu sehr von der ersten Linie der entsprechenden Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums ab, um mit irgend einer Wahrscheinlichkeit mit dieser identificirt werden zu können. Dagegen lässt sich die *Mitte* der schwachen Bande, oder $\lambda = 554.6$ als Intensitätsmaximum des ersten Streifens mit den vorhergehenden Spectralbeobachtungen der Cometen verbinden. Die Beobachtung der zweiten Bande am 5. Mai entspricht ohne Zweifel dem oben für die Mitte desselben Streifens erhaltenen Werthe, so dass ich glaube, dass, mit Ausschluss der Linie $\lambda = 569.6$, die obigen Beobachtungen folgendermassen interpretirt werden können:

Spectrum des Cometen II 1877.

Beob. Tag.	Streifen *A*.		Streifen *B*.		Streifen *C*.	
	Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
1877 April 18	(569.6)	556.0	516.0	—	472.2	—
Mai 5		558.0	—	—	—	467.9
» 6		554.6	517.5	513.4	—	470.5
Mittel:	—	556.2	516.7	513.4	472.2	469.2

Man sieht, dass, abgesehen von der Lage der Intensitätsmaxima der Banden, das Spectrum der Hauptsache nach mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe übereinstimmt. Dies ist auch mit der Bemerkung Lord Lindsay's in Einklang, dass das Spectrum viel Ähnlichkeit mit demjenigen des Cometen II 1868 nach den Beobachtungen Huggins's darbot, namentlich wenn man sich des Umstandes erinnert, dass im letzteren Spectrum die grösste Intensität des gelben Streifens nach der Mitte desselben verschoben war, und dass die Lichtstärke des grünen erst in den beiden letzten Dritteln abnehmend gefunden wurde. Die Deutung, welche ich hier für die Beobachtung des zweiten Streifens am 5. Mai angenom-

men habe, ist allerdings eine hypothetische, da der Mittheilung in den M. N. nicht zu entnehmen ist, was mit dieser Beobachtung verstanden werden soll. Würde man die dortigen Ausdrücke ganz wörtlich deuten, so würde man schliessen müssen, dass die angegebene Zahl für die scharfe Kante nach dem Rothen hin gelte; — die Abweichung derselben von den beiden übrigen Beobachtungen ist aber zu gross, um eine solche Annahme wahrscheinlich erscheinen zu lassen.

17) Comet III 1877.

Wir kommen jetzt zu einem Cometen, dessen Spectrum, falls man den nur an *einem* Abende in Dun-Echt angestellten Beobachtungen[1]) volles Stimmrecht einräumt, in sehr auffallender Weise von allen, bisjetzt beobachteten abweicht. Die Wellenlängen der drei Streifen wurden nämlich folgendermassen bestimmt:

Streifen	A:	$\lambda = 528.2$
»	B:	$= 507.9$
»	C:	$= 467.6$

Die Vermuthung, dass hier, wenigstens beim ersten Streifen, ein Versehen vorliegt, und dass wahrscheinlich $\lambda = 558.2$ zu lesen sei, lässt sich schwer zurückdrängen. Sicher ist aber jedenfalls, dass das obige Spectrum in *keiner Weise* mit demjenigen des Brorsen'schen Cometen sich zusammenstellen lässt. Ich habe schon oben (p. 30) auf diesen Umstand aufmerksam gemacht.

18) Comet IV 1879.

Ueber das Spectrum dieses Cometen sind von Konkoly[2]) einige Beobachtungen bekannt gemacht worden, denen indessen, wegen Lichtmangel des Objects kein grosses Gewicht beigemessen werden kann. Die drei Streifen wurden am 6. Oct. mit einem kleinen Sternspectroskope Vogel'scher Construction gemessen und als Mittel aus vier Ablesungen für die Wellenlängen derselben erhalten:

Streifen	A:	$\lambda = 559.8 \pm 0.5$
»	B:	$= 515.6 \pm 0.3$
»	C:	$= 488.7$ (?).

Die Streifen erschienen etwas schärfer begrenzt, als diejenigen des Brorsen'schen Cometen. Wahrscheinlich dürfte die Bestimmung des ersten sich auf das Intensitätsmaxi-

1) M. N. Vol. XXXVII, p. 432.

2) A. N. Bd. 96. № 2283.

mum, diejenige des zweiten auf die weniger brechbare Kante desselben beziehen. Die dritte Bande war so schwach, dass die Bestimmung derselben wohl sehr wenig Werth besitzen dürfte. Einige mit demselben Instrumente an einer Kohlenwasserstoffröhre angestellten Messungen weichen sowohl von den obigen des Cometenspectrums, als von den bekannten Wellenlängen der Kohlenwasserstoffe so erheblich ab, dass daraus nichts Sicheres geschlossen werden kann. Dieselben lassen jedoch die Vermuthung zu, dass die Röhre eine Mischung der Spectra der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenoxyds gezeigt hat.

Ausser diesem Streifenspectrum hat Konkoly noch ein sehr schwaches und kurzes, continuirliches Spectrum beobachtet. Nach der Beschreibung zu urtheilen schien dasselbe nur von der Coma herzurühren.

Auf der Sternwarte zu Dun-Echt wurde an zwei Abenden Sept. 29. und Oct. 10. von Copeland und J. G. Lohse das Spectrum des Cometen untersucht[1]). Die mittlere Bande war wie gewöhnlich die stärkste, die erste dagegen auffallend schwach. Nimmt man, unter Berücksichtigung der jedesmaligen Anzahl der Beobachtungen, das Mittel aus den den beiden Abenden entsprechenden Bestimmungen, so ergeben sich für die *Mitte* der Streifen die folgenden Wellenlängen:

Streifen	A:	$\lambda = 552.0$
»	B:	$= 512.1$
»	C:	$= 467.2.$

Ausser diesen Beobachtungen wurde auch für die Kante des Streifens B bei einer einmaligen Ablesung die Wellenlänge $\lambda = 513.1$ erhalten. Combinirt man diese Beobachtungen mit denjenigen von Konkoly, so erhält man, mit Berücksichtigung der Anzahl der einzelnen Bestimmungen in jedem Falle:

Streifen	A:	$\lambda = 555.9$	Mitte (oder Max.?)
»	B:	$= 515.1$	Kante
		$= 512.1$	Mitte (oder Max.?)
»	C:	$= 467{\cdot}2$	Mitte.

Vereinigt man nun die im Vorhergehenden für die einzelnen Cometen besprochenen Wellenlängenbestimmungen, insofern ihre Zuverlässigkeit als einigermassen verbürgt angesehen werden kann, zu Mitteln, so erhält man für alle bisjetzt spectroskopisch untersucht Cometen die folgende Zusammenstellung:

1) M. N. Vol. XL, p. 23. 1879.

Namen des Cometen.	Streifen *A*.		Streifen *B*.		Streifen *C*.	
	Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
I 1864	—	554.7	—	513.0	—	475.0
I 1866	—	—	—	—	—	—
II 1867	—	—	—	—	—	—
I 1868 (Brorsen)	—	555.0	518.0	513.8	—	472.6
II 1868	563.2	—	517.2	—	471.4	—
I 1870	—	—	—	—	—	—
I 1871	—	557.0	—	511.0	—	—
III 1871 (Encke)	(560.3)	(558.5)	515.9	512.9	—	473.5
IV 1871	—	557.1	—	512.8	—	472.8
III 1873	—	—	—	—	—	—
IV 1873	561.3	559.0	517.3	—	472.6	469.0
II 1874	—	—	—	—	—	—
III 1874	562.8	553.8	515.9	511.8	471.9	468.9
IV 1874	—	559.5	—	513.6	—	470.0
I 1877	—	555.6	517.7	—	476.5	—
II 1877	—	556.2	516.7	513.4	472.2	469.2
III 1877	—	(528.2)	—	(507.9)	—	467.6
IV 1879	—	555.9	515.1	512.1	—	467.2
Mittel:	562.4	556.4	516.8	512.7	472.9	470.6

Bei der Ableitung dieser Mittel, sowohl derjenigen der einzelnen Cometen als der Schlusswerthe ist den sämmtlichen Beobachtungen dasselbe Gewicht gegeben. Es versteht sich von selbst, dass dies nur annäherungsweise erlaubt sein kann; indessen ist man hier genöthigt diese Annahme zu machen, da es offenbar unmöglich ist den relativen Werth der Resultate der einzelnen Beobachter auch nur entfernt richtig abzuschätzen. Wenn demnach auch die erhaltenen Mittel nicht als streng richtig angesehen werden können, so dürften sie jedoch der Wahrheit wenigstens so nahe kommen, dass die noch übrigen kleinen Correctionen, welche eine genaue Kenntniss der Gewichte veranlassen würde, auf die aus denselben zu ziehenden Schlussfolgerungen keinen Einfluss ausüben können.

Betrachten wir die in der letzten Zeile der obigen Tafel enthaltenen Mittelwerthe als den gemeinschaftlichen Typus der Cometenspectra, nach unserer jetzigen Kenntniss derselben, und vergleichen diesen mit den Hauptgruppen des Spectrums der Kohlenwasserstoffe, so erhalten wir den folgenden Ueberblick:

		Typus der Cometen-spectra.		Spectrum der Kohlenwasserstoffe.	Diff.
Streifen	A:	$\lambda = 562.4$	Anf.	$\lambda = 563.4$	-1.0
		$= 556.4$	Max.	—	
»	B:	$= 516.8$	Anf.	$= 516.4$	$+0.4$
		$= 512.7$	Max.	—	
»	C:	$= 472.9$	Anf.	$= 473.7$	-0.8
		$= 470.5$	Max.	—	

und es lassen sich die folgenden Sätze aussprechen:

1) *Allen bis jetzt beobachteten Cometenspectra liegt nur ein einziger Spectraltypus zu Grunde.*

2) *Dieser allgemeine Typus ist das Spectrum der Kohlenwasserstoffe.*

3) *Von dem reinen Spectrum der Kohlenwasserstoffe weichen jedoch die Spectra der Cometen darin ab, dass sie theils nicht vollständig sind, theils im Allgemeinen eine andere Helligkeitsvertheilung der Streifen zeigen.*

4) *Die Unvollständigkeit der Cometenspectra besteht darin, dass in denselben die rothe und violette Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums nie erscheint, und die abweichende Lichtvertheilung giebt sich dadurch kund, dass die Helligkeitsmaxima der Streifen nicht mit der weniger brechbaren Kante derselben zusammenfallen, sondern nach dem Violetten hin verschoben sind.*

5) *Durch diesen letzteren Umstand erklärt es sich, warum bei schwachen Cometen der Zusammenhang mit dem Kohlenwasserstoffspectrum gelegentlich hat zweifelhaft erscheinen können, da die wahre Begrenzung der Streifen nach dem Rothen hin in solchen Fällen sich der Beobachtung entziehen musste.*

6) *Die Verschiebung der Maxima der Cometenstreifen in Bezug auf diejenigen der Banden des Kohlenwasserstoffspectrums ist für die meisten Cometen angenähert dieselbe. Deshalb scheint es wahrscheinlich, dass die Verschiedenheiten der physikalischen Bedingungen, in denen sich die Kohlenwasserstoffe in den Cometen befinden, von denjenigen, welche bei den bisherigen Beobachtungen des Spectrums der Kohlenwasserstoffe stattgefunden haben, für die meisten Cometen auch annäherungsweise dieselben sind.*

Capitel IV.

Versuche zur Beantwortung der Frage, ob und unter welchen Umständen das normale Spectrum der Kohlenwasserstoffe die bei den Cometenspectra beobachteten Abweichungen zeigt.

Es ist in Cap. I schon hervorgehoben worden, dass bei dem Versuche die cometarischen Spectralerscheinungen künstlich hervorzubringen, um daraus einige Anhaltspuncte zur näheren Beurtheilung der in diesen Himmelskörpern herrschenden physikalischen Verhältnisse zu gewinnen, namentlich *ein* Umstand besonders hinderlich entgegen tritt, *der* nämlich, dass es uns vollkommen unmöglich ist diejenigen quantitativen Bedingungen, welche in der Natur stattfinden, bei unseren Laboratorienversuchen auch nur annähernd zu realisiren. Vergegenwärtigt man sich nun dabei weiter den grossen Einfluss, welcher nach den bekannten Untersuchungen Zöllner's gerade durch die *Dimensionen* einer strahlenden Gasmasse auf das Spectrum derselben ausgeübt wird, so scheint es von vorneherein eine wenig versprechende Aufgabe, durch Variation der unserem Belieben theilweise unterworfenen Umstände die beobachteten Anomalien künstlich nachmachen zu wollen. Und doch kann ein Unterlassen die Frage in dieser Richtung zu behandeln hierdurch durchaus nicht als motivirt angesehen werden, im Gegentheil dürfen die Abweichungen, die wir zwischen dem celesten und dem irdischen Spectrum beobachten, erst *dann* solchen Umständen, über die wir nicht verfügen können, zugeschrieben werden, nachdem gezeigt worden ist, dass dieselben sich aus Versuchen der erwähnten Art nicht ableiten lassen. Diese Erwägung hat zu den folgenden Versuchen Veranlassung gegeben. Wenn nun auch durch dieselben die Frage ihrer Lösung nur wenig näher gerückt ist, so dürften die angestellten Versuche doch insofern etwas Interesse beanspruchen können, als darin theils einige Wege angezeigt worden sind, auf denen eine Lösung nicht möglich erscheint, theils einige Resultate gewonnen sind, durch welche für die Deutung der continuirlichen Spectra der Kerne gewisser Cometen ein, wie ich glaube, neuer und nicht unbegründet erscheinender Gesichtspunkt sich eröffnet.

Die durch die Beobachtungen nachgewiesenen Abweichungen der Cometenspectra von

demjenigen der Kohlenwasserstoffe bestanden, wie wir sahen, zunächst darin, dass diese Spectra nicht vollständig sind. Von den im Spectrum der Kohlenwasserstoffe auftretenden fünf Bandengruppen fehlen in den Spectra der Cometen immer zwei, nämlich die *rothe* und die *violette*. Hiervon ist schon oben (p. 22 u. 38) die Rede gewesen, und wir sahen, dass die violette Gruppe, welche in dem Flammenspectrum der Kohlenwasserstoffe ausserordentlich characteristisch erscheint, im electrischen Spectrum derselben eine bei weitem mehr untergeordnete Rolle spielt, sogar derart, dass dieselbe unter Umständen nur als Spur vorhanden ist. Wird nun dieser Umstand mit der von Olbers[1]), Bessel[2]) und John Herschel[3]) begründeten, von Zöllner[4]) näher entwickelten Theorie über den electrischen Ursprung des Cometenlichtes zusammengestellt, so kann, bei der grossen Wahrscheinlichkeit dieser Theorie, das Fehlen der besagten Gruppe in den Spectra der Cometen gewiss nicht auffallen. Im Gegentheil kann ich nicht umhin, darin sogar gerade einen reellen Beweis für die Richtigkeit der dieser Theorie zu Grunde liegenden Anschauungen zu erblicken. Was weiter die *rothe* Gruppe des Kohlenwasserstoffspectrums betrifft, so wurde erwähnt, — und dies wird, wie wir sehen werden, durch die folgenden Versuche mehrfach bestätigt, — dass dieselbe nur bei bedeutender Steigerung der Temperatur erscheint, indem bei der Flamme Sauerstoff eingeblasen, bei der electrischen Entladung die Intensität derselben gesteigert wird. Da es somit möglich ist durch electrische Entladung bei relativ niedriger Temperatur das gewöhnliche Spectrum der Kohlenwasserstoffe auf die in den Spectra der Cometen vorkommenden drei Banden allein zu reduciren, so dürfte für die Unvollständigkeit der letzteren Spectra darin eine genügende Erklärung gefunden werden können, dass man die selbständige Lichtentwickelung der Cometen als die Folge einer fortdauernden Reihe electrischer Entladungen bei niedriger Temperatur betrachtet. Diese Anschauungsweise scheint durch einen weiter unten näher zu besprechenden Versuch eine noch weitere Bestätigung zu finden[5]).

Die zweite Anomalie, welche den Beobachtungen zufolge die Cometenspectra im Vergleich mit demjenigen der Kohlenwasserstoffe zeigen, ist die abweichende Lichtvertheilung, indem die grösste Intensität der Streifen nach dem Violetten hin verschoben ist. Um hierüber möglicherweise einige Aufklärung zu gewinnen, wurde die folgende Versuchsreihe unternommen. Dieselbe bezieht sich auf die Spectra, welche Mischungen von 1) *Benzoldämpfen* und 2) *Aetherdämpfen* mit den drei permanenten Gasen: *Luft*, *Sauerstoff* und *Was-*

1) Zach: Monatl. Corresp. Bd. XXV, p. 3 1812.

2) A. N. Bd. XIII, p. 185. 1836.

3) Results of astr. Obs. . . . made at the Cape of Good Hope. London 1847, p. 406.

4) Zöllner: Ueber die Stabilität kosmischer Massen etc. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1871. — Wiss. Abhandlungen. Bd. II. Leipzig. 1878.

5) Nach neueren Erfahrungen kann bekanntlich ein sonst sehr complicirtes Spectrum durch alleinige Schwächung der Gesammtintensität der Lichtquelle, z. B. durch Entfernung vom Spalt (Huggins) oder durch Einschalten von Diaphragmen (Fievez) auf ein sehr einfaches reducirt werden. Diese Thatsache habe ich selbst neulich durch Polarisation bestätigen können, und behalte mir vor darauf wieder zurückzukommen. Es ist nicht unmöglich, dass die grosse Einfachheit der Spectra der Nebelflecke hierin begründet sein kann; die Unvollständigkeit der Cometenspectra dagegen scheint mir indessen mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf niedrige Temperaturverhältnisse zurückgeführt werden zu müssen.

serstoff geben, wenn sie bei wechselndem Drucke, theils in *gewöhnlichen* Geissler'schen Röhren, theils in *weiten* Röhren, durch den Inductionsstrom mit und ohne eingeschaltete Leydner Batterie zum Leuchten gebracht werden. Da aber hierbei keine anomale Lichtvertheilung im Spectrum bemerklich war, so wurden die Versuche dahin abgeändert, dass die Pole des Inductoriums zunächst mit den beiden Spitzen eines Funkenmikrometers verbunden wurden, von denen weiter Dräthe zu zwei auf den Röhren aufgeklebten Stanniolbelegen führten. Bei Erregung des Inductoriums springen dabei die Funken am Funkenmikrometer über, gleichzeitig aber laden und entladen sich die Belege und bewirken entsprechende Entladungen im Inneren der Röhre, welche das eingeschlossene Gas zum Leuchten bringen, und zwar bei einer im Allgemeinen niedrigeren Temperatur als sonst. Wie auffallend niedrig diese Temperatur unter Umständen sein kann, habe ich durch besondere, bei Gelegenheit dieser Studien angestellte Versuche zu zeigen gesucht[1]). Unter derartigen Umständen schien es nun in der That gelingen zu wollen, im Spectrum der Kohlenwasserstoffe eine andere, an die Cometenspectra erinnernde Lichtvertheilung hervorzurufen. Das Nähere hierüber wird weiter unten folgen; zunächst mögen die Hauptergebnisse der zuerst angestellten Versuche näher besprochen werden.

A) Spectralerscheinungen im capillaren Theil Geissler'scher Röhren, die mit Mischungen von permanenten Gasen und Kohlenwasserstoffen gefüllt sind.

I) Versuche mit Benzoldämpfen.

a) Benzol und Sauerstoff.

Der Sauerstoff wurde in gewöhnlicher Weise aus chlorsaurem Kali und Mangansuperoxyd präparirt und in einem Gasometer aufgefangen. Vom Gasometer wurde das Gas successiv durch einen mit concentrirter Schwefelsäure gefüllten Liebig'schen Kugelapparat und durch zwei grosse Chlorcalciumcylinder in eine Woulff'sche Flasche, welche eine etwa zollhohe Schicht Benzol enthielt, geführt und gelangte von dort, nachdem es sich mit Benzoldämpfen gemischt hatte, zu dem einen Glashahn einer Geissler'schen Röhre. Der zweite Hahn war mit einer Geissler'schen Luftpumpe verbunden. Durch diese Anordnung konnte im Rohre jeder beliebige Druck P hergestellt werden. Im Spectroskope wurden beim Durchgange des Stroms einer grösseren, durch sechs Zink-Kohlen-Elemente erregten Inductionsrolle die folgenden Erscheinungen beobachtet:

$P = 5^{mm}$. Das Spectrum ist ein deutliches Kohlenoxydspectrum, welches nebenbei noch die beiden Wasserstofflinien H_α und H_β enthält. Die Einschaltung der Leydner Batterie

1) Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg (VII). Vol. XXVII.

[4 Flaschen, jede von 650 □ cent. innerer Belegung, in eine Reihe geordnet] ändert nichts.

$P = 19^{mm}$. Das Spectrum ist dasselbe wie vorher, nur viel lichtschwächer. Sichtbar sind nur CO (2) (3) (4)[1]) neben H_β; die letztere indessen schwach. H_α verschwunden. Die Flaschenbatterie ohne Wirkung.

$P = 34^{mm}$. Fast gar nichts mehr zu sehen. Von den Streifen des Kohlenoxyds kaum Spuren.

b) Benzol und Luft.

Die Luft wurde, ebenso wie der Sauerstoff, zuerst durch den Trockenapparat geführt, ehe sie in die Benzol enthaltende Woulff'sche Flasche trat.

$P = 3^{mm}$. Das Spectrum ist ein glänzendes Kohlenoxydspectrum, in dem H_α und H_β nebst der ersten Linie der Gruppe CH(3) erscheinen. Die Einschaltung der Leydner Batterie hat wenig Einfluss, nur blitzen ab und zu die Gruppen des Kohlenwasserstoffspectrums auf, während dabei jedesmal die Kohlenoxydstreifen verschwinden. Wie wir allmälich finden werden, entspricht das Kohlenwasserstoffspectrum der *disruptiven*, das Kohlenoxydspectrum der *continuirlichen* Entladung, und im vorliegenden Falle scheint somit ein Conflict zwischen diesen beiden Entladungsarten stattzufinden. Dies stimmt auch mit Wüllner's Beobachtungen (Vergl. p. 14, 15).

$P = 8^{mm}$. Das Spectrum unverändert, nur beginnt das Stickstoffspectrum, welches vorher kaum wahrnehmbar war, im Violetten etwas deutlicher hervorzutreten. Die Leydner Batterie ruft intermittent das Kohlenwasserstoffspectrum hervor, jedoch hauptsächlich nur CH(3).

$P = 17^{mm}$. Spectrum wie vorher, nur schwächer.

$P = 31^{mm}$. Spectrum schwach. Die Leydner Batterie wirkt intermittent; von CH ist indessen nur CH(3) leidlich zu sehen. H_α verschwunden, von H_β nur Spuren.
(Nach Verstärkung des jetzt sehr erschöpften Stroms erscheint wieder H_α).

$P = 43^{mm}$. Das Kohlenoxydspectrum sehr schwach, sowie auch H_α und H_β. Wird die Flaschenbatterie eingeschaltet, so erscheint permanent CH(2), (3), (4), obwohl nur CH(3) deutlich, und H_β wird verbreitert.

---

1) Der Kürze wegen mögen im Folgenden für die Hauptgruppen der Spectra der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenoxyds die folgenden Bezeichnungen Anwendung finden:

Für die Streifen der Kohlenwasserstoffe:	Für die Streifen des Kohlenoxyds:
$\lambda = 618.7 \ldots CH(1)$	$\lambda = 607.8 \ldots CO(1)$
$= 563.3 \ldots$ » (2)	$= 560.7 \ldots$ » (2)
$= 516.4 \ldots$ » (3)	$= 519.7 \ldots$ » (3)
$= 473.6 \ldots$ » (4)	$= 483.4 \ldots$ » (4)
	$= 450.9 \ldots$ » (5)

c) Benzol und Wasserstoff.

Der Wasserstoff wurde aus Zink und reiner Schwefelsäure dargestellt und vor der Aufnahme im Gasometer durch eine *U*-förmige, mit Lösung von Quecksilberchlorid befeuchtete Bimsteinstücke enthaltende Röhre geführt, um den Schwefelwasserstoff zurückzuhalten. Nachdem das Gas durch den Trockenapparat gegangen war, wurde damit das Spectralrohr mehrfach ausgespült, und erst nachher die Benzolflasche eingeschaltet. Folgende Beobachtungen wurden erhalten:

$P = 3^{mm}$. Das Spectrum ist aus einem prachtvollen Kohlenoxydspectrum und ebenso glänzenden Wasserstofflinien $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma$ zusammengesetzt. Auf dem leuchtenden Hintergrunde von *CO* (3) erscheint noch die erste Linie der Gruppe *CH* (3), obgleich schwach. Die Flaschenbatterie wirkt wenig oder nicht. Im Violetten erscheinen einige schwache Spuren der Cannelirungen des Stickstoffs, vielleicht von einigen, aus dem Gasometerwasser übergeführten Luftspuren herrührend. Das Licht der Röhre ist prächtig geschichtet und von einer weisslichen Lila-Farbe.

$P = 12^{mm}$. Dasselbe Spectrum, vielleicht etwas lichtschwächer.

$P = 27^{mm}$. Spectrum bedeutend schwächer. Die violetten Stickstoffcannelirungen fehlen jetzt beinahe ganz. Im äussersten Violett erscheint eine schöne Gruppe beinahe gleich weit auseinanderstehender Linien, die ich aber nicht befriedigend fixiren konnte. (Vielleicht eine Cyangruppe?). Einschaltung der Flaschenbatterie ruft Spuren des Kohlenwasserstoffspectrums hervor.

$P = 46^{mm}$. Das Spectrum ist jetzt ausserordentlich lichtarm, nur *CO* (3) und die darauf projiciirte erste Linie der Gruppe *CH* (3) sind einigermassen hell. Von H_β erscheinen nur Spuren. Die Leydner Batterie ruft sofort *CH* (2), (3), (4) sowie H_α und H_β hervor, die letzte Linie indessen sehr verwaschen.

II) Versuche mit Aetherdämpfen.

a) Aether und Luft.

Nach mehrmaliger Ausspülung des Rohrs mit trockner Luft, wurde dasselbe mit einer Mischung von Luft und Aetherdämpfen gefüllt und dabei die folgenden Beobachtungen gemacht:

$P = 19^{mm}$. Das Spectrum ist ein reines Kohlenoxydspectrum. H_α und H_β fehlen ganz. Beim Einschalten der Leydner Batterie blitzen häufig mit grossem Glanz die Gruppen *CH* (2), (3), (4) sowie H_α und H_β hervor.

$P = 27^{mm}$. Ohne Leydner Batterie ist das Spectrum dasselbe wie oben, nur ist *CH* (3) auf dem hellen Hintergrunde des Streifens *CO* (3) stets sichtbar. Durch Einschalten der

Batterie entsteht ein glänzendes Kohlenwasserstoffspectrum und das Licht der Röhre geht mit einem Schlage von blasser Weiss-Lila-Farbe in schönes Smaragdgrün über.

$P = 38^{mm}$. Ohne Batterie ist das Kohlenoxydspectrum sehr schwach. Durch Einschaltung derselben entsteht auch jetzt das Kohlenwasserstoffspectrum, dasselbe ist indessen weniger hell, als im vorhergehenden Versuche. H_β schwach.

$P = 48^{mm}$. Das Kohlenwasserstoffspectrum ist noch schwächer und H_β verbreitert.

b) Aether und Wasserstoff.

$P = 15^{mm}$. Das Spectrum ist hier, wie oben, ein reines Kohlenoxydspectrum, ohne Wasserstofflinien mit nur Spuren von CH(3). Die Leydner Batterie ruft intermittent Kohlenwasserstofflinien hervor.

$P = 35^{mm}$. Zu dem im vorigen Versuche genannten Spectrum kommen hier Spuren von H_β. Die Wirkung der Leydner Batterie ist unbedeutend, bisweilen blitzen aber mit grossem Glanze die Kohlenwasserstofflinien auf.

$P = 44^{mm}$. Ohne Batterie sind vom Kohlenoxydspectrum nur Spuren zu sehen. Schaltet man aber die Leydner Flaschen ein, so erhält man ein glänzendes Kohlenwasserstoffspectrum, in welchem sogar die *rothe* Gruppe CH(1) gut sichtbar ist, sowie H_α und H_β. Letztere Linie ist jedoch schwach und verschwommen.

Die Hauptresultate dieser Versuche lassen sich in den folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) *Mischungen von Benzol- oder Aetherdämpfen mit den permanenten Gasen Luft, Sauerstoff und Wasserstoff geben im capillaren Theil einer Geissler'schen Röhre bei kleinem Drucke und einfachem Inductionsstrom hauptsächlich nur das Spectrum des Kohlenoxyds.*

2) *Die Intensität und der Detailreichthum dieses Spectrums nimmt mit wachsendem Drucke mehr und mehr ab*[1]).

3) *Das Einschalten der Leydner Batterie in den inducirten Stromkreis hat bei kleinem Drucke auf das Spectrum keine oder unbedeutende Wirkung.*

4) *Bei wachsendem Drucke dagegen geht dadurch das Spectrum, erst intermittent, dann permanent in dasjenige der Kohlenwasserstoffe über*[2]).

5) *Bei den Benzolmischungen treten, ohne Batterie, neben dem Kohlenoxydspectrum, noch die Wasserstofflinien auf; bei den Aethermischungen nicht.*

6) *Das Kohlenoxydspectrum ist am glänzendsten bei der Mischung von Benzol und Wasserstoff, weniger glänzend wenn Luft angewandt wird, und beim Anwenden von Sauerstoff schwach.*

---

1) Vergl. oben p. 14 und Pogg. Ann. Bd. CXLIV, p. 481. f.

2) Ebendaselbst.

In Bezug auf die Lichtvertheilung in den Streifen, sowohl des Kohlenoxydspectrums als desjenigen der Kohlenwasserstoffe, wie sie bei diesen Versuchen auftraten, liess sich keine Anomalie bemerken. Die grösste Intensität befand sich stets an der weniger brechbaren, scharf begrenzten Kante der Streifen.

B) Spectralerscheinungen in weiten Röhren, die mit Mischungen von permanenten Gasen und Kohlenwasserstoffen gefüllt sind.

Nach diesen Versuchen in capillaren Röhren, war es zunächst von Interesse zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten würden in Röhren von grösserem Durchmesser. Das zu diesen Versuchen benutzte Entladungsrohr hatte die in der beistehenden Fig. 1. abgebildete Gestalt. Ein Glasrohr R von etwa 15 Cent. Länge und 20^{mm} Durchmesser trug an den Enden zwei luftdicht eingekittete Kautschukpfropfen, durch welche zwei feine Glasröhrchen ins Innere des Rohrs geführt wurden. Durch die Canäle dieser Röhrchen gingen die Electroden p, p' aus Aluminium, luftdicht eingekittet, hindurch und endeten im Inneren des Apparats in den beiden, etwa 10^{mm} von einander entfernten Spitzen s, s'. Die beiden Seitenröhren r, r' führten einerseits zu der Luftpumpe, anderseits zu der Gasquelle. Es wurden mit diesem Apparate zunächst Benzolmischungen untersucht.

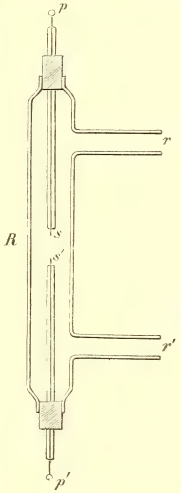


Fig. 1.

I) Versuche mit Benzoldämpfen.

a) Benzol nnd Luft.

In derselben Weise wie vorher die Geissler'schen Röhren wurde der Apparat zuerst luftleer gepumpt und darauf mit trockner, durch *Benzol* gegangener Luft gefüllt. Die Mischung wurde successivé verdünnt, und jedesmal das Spectrum der im Rohre zwischen s und s' stattfindenden Entladungen beobachtet.

$P =$ Atmosphärendruck. — Entladung goldgelb, flackernd, wenn der Strom ohne eingeschaltete Leydner Batterie übergeht. Das Spectrum *continuirlich*. Die Entladung besteht aus einem centralen, haarfeinen Funken, der aber zu lichtarm ist, um ein merkliches Spectrum zu geben, und aus einer, ziemlich dicken goldgelben Lichthülle, welche das continuirliche Spectrum giebt. Einige schwache Spuren von $CH(3)$ sind wohl der feinen Funkenlinie zuzuschreiben.

$P = 350 - 400^{mm}$ [1]). Ohne Leydner Batterie nichts zu sehen. Die Flaschenentladung dagegen giebt ein ziemlich helles Kohlenwasserstoffspectrum auf hellem Hintergrunde, auf welchem ausserdem die Hauptlinien des Luftspectrums zu erkennen sind. Im Violetten eine Gruppe beinahe gleich weit auseinanderstehender Linien nahe bei *h*. (Vielleicht dem Cyan gehörig?).

$P = 250^{mm}$. Unter Anwendung der Leydner Batterie entsteht ein leidlich helles Kohlenwasserstoffspectrum mit einigen Luftlinien, die indessen bald nach dem Stromschlusse verschwinden, sodass nur ein reines Kohlenwasserstoffspectrum übrig bleibt. Die im vorigen Versuche wahrgenommene violette Gruppe ist noch sichtbar. Schliesslich verschwindet auch das Kohlenwasserstoffspectrum in seinen Einzelheiten und es bleibt nur der Hauptstreifen *CH*(3) zu sehen.

$P = 155^{mm}$. Im Spectroskope ist bei diesem Drucke beinahe gar nichts zu sehen.

$P = 40^{mm}$. Nur Spuren von Licht sind jetzt merkbar. Neben schwachen Andeutungen eines Stickstoffspectrums, liess sich im Grünen ein schwacher Schein beobachten, aber von so geringer Helligkeit, dass es nicht zu entscheiden war, ob derselbe mit *CH*(3) oder *CO*(3) zu identificiren sei.

b) Benzol und Wasserstoff.

$P =$ Atmosphärendruck. — Bei möglichst sorgfältigem Ausschluss von Luft ist ohne Flaschenbatterie die Lichthülle sehr schmal und lichtarm und das Spectrum überaus *schwach continuirlich*, mit einigen schwachen *CH*-Linien. Die Einschaltung der Batterie ruft ein schönes Kohlenwasserstoffspectrum hervor, wie immer von den Wasserstofflinien (breit und verschwommen) begleitet [2]).

$P = 280^{mm}$. Die Flaschenentladung giebt ein beinahe reines Kohlenwasserstoffspectrum, in dem die Wasserstofflinien schwer zu sehen sind. H_β scheint beim Schwächen des Stroms sich auszubreiten und das bei grösserer Stromstärke intermittente und flackernde Kohlenwasserstoffspectrum wird beständiger. Es scheint somit, als wäre für die beste Ausbildung dieses Spectrums, eine gewisse, bestimmte Temperatur erforderlich. Da es nun, nach dem was oben gesagt ist, wahrscheinlich erscheint, dass das fragliche, allen

1) Ein Druck von mehr als 160^{mm}, liess sich nur auf einer neben dem Pumpenrohr angeklebten Papierskale ablesen und kann demzufolge auf einige Mm. unsicher sein. Dies hat indessen hier keine Bedeutung.

2) Bei dieser Gelegenheit habe ich eine interessante Absorptionserscheinung beobachtet, die ich bisjetzt nur an einer Stelle *) erwähnt gefunden habe, und desshalb nicht übergehen will. Auf der sehr breiten und verschwommenen Wasserstofflinie H_β sah ich nämlich eine feine dunkle Linie, welche eine wiederholte Vergleichung als mit der scharfen H_β-Linie im Spectrum des verdünnten Wasserstoffs identisch erwies. Es ist dies dieselbe Erscheinung, welche für Natrium schon 1849 von Focault im Volta'schen Bogen beobachtet wurde und später auch für andere Metalle bemerkt worden ist. Bei Anwendung des Inductionsfunkens lässt sich aber die Erscheinung selten hervorrufen.

*) Thalén: Om Spectralanalys. Upsala Universitets Årsskrift 1866. Mathematik och Naturwetenskap. § 73.

Kohlenwasserstoffen gemeinschaftliche Spectrum Acetylen gehört, so käme die obige Beobachtung darauf hinaus, dass diese Verbindung aus dem Benzol entstehe[1]).

$P = 140^{mm}$. Spectrum sehr schwach. Sowohl die Streifen des Kohlenoxyds als diejenigen der Kohlenwasserstoffe sind sichtbar, aber nur $CH(3)$ deutlich. Die Leydner Batterie hat wenig Einfluss.

$P = 71^{mm}$. Bei diesem Drucke sind die beiden Spectra mit Ausnahme von $CH(3)$ nur als Spuren vorhanden. H_α fehlt ganz und von H_β sind nur schwache Reste zu bemerken. Die Leydner Batterie wurde stets benutzt.

$P = 30^{mm}$. Das Spectrum vom vorhergehenden kaum verschieden und überaus lichtschwach.

$P = 3^{mm}$. Das Kohlenoxydspectrum überwiegend und ziemlich vollständig. Von $CH(2)$ und $CH(4)$ nur verwaschene Reste übrig, $CH(3)$ aber leidlich hell. H_β ist eben zu erkennen.

II) Versuche mit Aetherdämpfen.

a) Aether und Luft.

$P =$ Atmosphärendruck. — Spectrum ohne eingeschaltete Leydner Batterie *continuirlich* mit schwachem oder fehlendem Violett. Die Entladung *goldgelb, flackernd*. Das Einschalten der Flaschenbatterie ändert die Entladung ganz und gar, der Funken wird glänzend rosaweiss und das Spectrum ist ein helles Kohlenwasserstoffspectrum mit hell erleuchtetem Hintergrunde, auf dem noch einige der stärksten Luftlinien erscheinen. Die Wasserstofflinien treten auch sehr verwaschen auf; H_β indessen schwach.

$P = 240^{mm}$. Ohne Flaschenbatterie fast gar nichts zu sehen. Die Einschaltung derselben ruft ein schwaches Kohlenwasserstoffspectrum ohne alle Luftlinien hervor.

$P = 90^{mm}$. Das Spectrum ungemein lichtschwach. Nur in der Nähe der Electroden sind Spuren der CO- und CH-Streifen zu sehen. Von H_β verwaschene Spuren.

$P = 50^{mm}$. Das Spectrum etwas heller, namentlich scheinen die Streifen des Kohlenoxyds an Intensität zuzunehmen. Von Wasserstofflinien keine Spur.

$P = 28^{mm}$. Spectrum bedeutend heller, sogar $CO(1)$ und $CO(5)$ sind zu sehen.

$P = 10^{mm}$. In den ersten Sekunden nach dem Stromschlusse sind neben dem Kohlenoxydspectrum noch die Hauptgruppen der Kohlenwasserstoffe sichtbar; diese verschwinden aber allmälich und es bleibt nur das Kohlenoxydspectrum zurück. Von H_β Spuren.

$P = 5^{mm}$. Schwaches Kohlenoxydspectrum, schwächer als vorher. Von H_α und H_β Spuren.

b) Aether und Wasserstoff.

Nachdem der Apparat mit reinem, trocknem Wasserstoff gut ausgespült war, wurde derselbe in gewöhnlicher Weise mit einer Mischung von diesem Gase und Aetherdämpfen gefüllt und darauf die folgenden Spectralerscheinungen beobachtet:

1) Vergl. oben, p. 8 u. 19.

$P =$ Atmosphärendruck. — Ebenso wie bei der Mischung von Benzol und Wasserstoff ist auch hier beim Durchgang des einfachen Inductionsstroms die Lichthülle überaus lichtschwach, sowie auch das continuirliche Spectrum derselben. Da nun die Mischungen mit Luft ein viel intensiveres, continuirliches Spectrum geben, so liegt die Vermuthung nahe, dass es die Gegenwart des Sauerstoffs ist, welche die goldgelbe Lichthülle und ihr continuirliches Spectrum bedingt, und dass die Erscheinung in der That zunächst mit einer unvollständigen Verbrennung zu vergleichen sei. Dafür dürfte auch die ganz beträchtliche Ausfällung von Russ an den Röhrenwandungen, welche hier stattfindet, sprechen. Wenn dem so ist, so steht es zu erwarten, dass eine Mischung mit Sauerstoff die Erscheinung mit erhöhtem Glanz zeigen wird. Dies ist auch der Fall. — Die Flaschenentladung giebt ein prachtvolles Kohlenwasserstoffspectrum mit glänzenden und breiten Wasserstoffstreifen.

$P = 260 - 300^{mm}$. Ohne Leydner Batterie ist das Spectrum schwach continuirlich. Die Flaschenentladung ruft sofort das Kohlenwasserstoffspectrum hervor, anfangs intermittent, später aber, nachdem der Strom einige Minuten durchgegangen ist, mit vollkommener Constanz. Die Wasserstofflinien sind wie gewöhnlich zu sehen, H_β und H_γ indessen schwach und verschwommen. Die obige Bemerkung über die bestimmte Temperatur beim Entstehen des Kohlenwasserstoffspectrums scheint sich auch hier zu bestätigen.

$P = 140^{mm}$. Ohne Leydner Flasche erhält man das Kohlenoxydspectrum mit Spuren der Kohlenwasserstoffstreifen in der Nähe der Electroden. Die Wasserstofflinien fehlen. Die Polspitzen glühen und geben schmale continuirliche Spectra. Das Einschalten der Flaschenbatterie hat keine Wirkung. Das Spectrum schwach.

$P = 87^{mm}$. Der einfache Inductionsstrom giebt das Kohlenoxydspectrum mit einigen *CH*-Linien. Die Flaschenentladung giebt ein wenig abweichendes Spectrum, nur scheinen die Kohlenwasserstofflinien etwas heller. Wasserstofflinien fehlen.

$P = 40^{mm}$. Das Spectrum ist dasjenige des Kohlenoxyds, aber heller als vorher. Von dem Kohlenwasserstoffspectrum ist nur $CH(3)$ deutlich zu sehen, sowie Spuren von H_α und H_β^4. — Das Einschalten der Leydner Batterie erhöht die Intensität der Kohlenwasserstoffstreifen, namentlich nahe den Electroden.

$P = 17 - 7^{mm}$. Ohne Batterie erhält man das Kohlenoxydspectrum und in der Nähe der Electroden ausserdem dasjenige der Kohlenwasserstoffe, sowie H_α und H_β. Die Flaschenentladung lässt das letztere Spectrum bedeutend verstärkt erscheinen, es verschwindet aber dabei H_α und von H_β sind nur Spuren übrig.

$P = 1^{mm}$. Das Spectrum dasselbe wie vorher, nur schwächer. Mit der Batterie entsteht eine Superposition der Spectra des Kohlenoxyds und der Kohlenwasserstoffe, wobei indessen das letztere Spectrum bedeutend intensiver ist.

c) Aether und Sauerstoff.

Wenn die oben ausgesprochene Vermuthung, dass das bei Mischungen von Benzol- oder Aetherdämpfen mit Luft unter Atmosphärendruck auftretende, continuirliche Spectrum dem Sauerstoffgehalte der Luft zuzuschreiben ist, der Wirklichkeit entspricht, so muss man erwarten, dass, wenn die genannten Dämpfe mit reinem Sauerstoff gemischt werden, die Erscheinung noch deutlicher zum Vorschein kommen wird. Dies trifft auch vollständig zu. Denn, nachdem der Apparat mit reinem, trocknem Sauerstoff mehrfach ausgespült worden und darauf mit einer Mischung von diesem Gase und Aetherdämpfen unter Atmosphärendruck gefüllt war, so erschien, beim Durchgange des einfachen Inductionsstroms eine sehr helle, goldgelbe Lichthülle, deren continuirliches Spectrum eine auffallende Helligkeit und Beständigkeit zeigte. Von dem Kohlenwasserstoffspectrum war dabei nur eine Spur des Streifens *CH*(3) zu erkennen, wahrscheinlich von dem sehr schmalen, linienförmigen Kern der Entladung herrührend. Das Einschalten der Leydner Batterie verändert sofort das Spectrum in ein glänzendes Kohlenwasserstoffspectrum, in dem die Wasserstofflinien breit und verschwommen erscheinen.

$P = 330^{mm}$. Der einfache Inductionsstrom giebt ein sehr schwaches Spectrum mit nur Spuren von den Gruppen des Kohlenoxyds und der Kohlenwasserstoffe. Der rotirende Spiegel zeigt hauptsächlich nur continuirliche Entladung an. Die Flaschenentladung giebt ein sehr reines Kohlenwasserstoffspectrum ohne Spur von Kohlenoxyd, nur mit mässig starken Wasserstoffstreifen gemischt. Entladung disruptiv.

$P = 160^{mm}$. Das Spectrum gehört dem Kohlenoxyd mit einer Spur von *CH*(3). Die Leydner Batterie ruft ein schönes, beinahe absolut reines Kohlenwasserstoffspectrum hervor, in welchem von den Kohlenoxyd- oder Wasserstoffstreifen kaum Spuren erkennbar sind.

$P = 75^{mm}$. Das Kohlenoxydspectrum scheint jetzt etwas heller, als vorher. Die Flaschenentladung giebt eine Mischung der beiden Spectra, wobei indessen dasjenige der Kohlenwasserstoffe intensiver erscheint. Die Partialentladungen folgen einander jetzt so dicht, dass eine Trennung derselben im rotirenden Spiegel sehr schwer ist. Die Entladung scheint überwiegend disruptiv zu sein.

$P = 30^{mm}$. Spectrum wie vorher, vielleicht etwas heller, und mit einigen schwachen Kohlenwasserstoffstreifen vermischt. Das beim Einschalten der Flaschenbatterie entstehende Kohlenwasserstoffspectrum ist prachtvoll und nur mit einigen schwachen Streifen des Kohlenoxyds gemischt. Bei der grösstmöglichen Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels war es *eben* möglich die Partialfunken zu trennen.

$P = 10 - 1^{mm}$. Ohne Leydner Batterie erhält man ein nahezu reines Kohlenoxydspectrum. Die jetzt continuirlich erscheinende Entladung geht bei Einschaltung der Flaschenbatterie theilweise wenigstens in eine disruptive über.

Die Hauptergebnisse dieser Versuche lassen sich in den folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1) *Mischungen von Benzoldämpfen und Luft oder Wasserstoff geben in weiten Röhren, unter einem Drucke, der kleiner als etwa eine halbe Atmosphäre ist, und bei einfachem Inductionsstrom fast gar kein Spectrum. Aethermischungen unter denselben Verhältnissen geben dagegen das Kohlenoxydspectrum mit anfangs etwas zunehmender, dann aber allmälich abnehmender Intensität. Das Maximum der Intensität scheint in den verschiedenen Fällen verschiedenem Drucke zu entsprechen.*

2) *Die Flaschenentladung ruft stets ein mehr oder weniger glänzendes Kohlenwasserstoffspectrum hervor.*

3) *Die einfache Entladung in Mischungen von Benzol- oder Aetherdämpfen mit Luft, Wasserstoff oder Sauerstoff, unter Atmosphärendruck, besteht hauptsächlich aus einer goldgelben, flackernden Lichthülle mit continuirlichem Spectrum.*

4) *Diese Lichthülle und ihr Spectrum sind in den Mischungen mit Sauerstoff am hellsten, weniger hell in denjenigen mit Luft, und in den Mischungen mit Wasserstoff kaum merkbar.*

5) *Diese Erscheinung scheint somit an die Gegenwart des Sauerstoffs geknüpft zu sein.*

Auch bei diesen Versuchen war die Intensitätsvertheilung in den Spectralstreifen die normale; keine Verschiebung der Maxima konnte bemerkt werden [1]).

Schliesslich habe ich noch einige Versuche über die

C) Spectralerscheinungen der ungemischten Dämpfe des Aethers und des Benzols in weiten Röhren

angestellt. Es wurde zu dem Zweck der Entladungsapparat möglichst ausgepumpt und darauf bei r' die Verbindung mit einer kleinen, *Aether* resp. *Benzol* enthaltenden Flasche hergestellt und so lange offen gelassen, bis die Quecksilbersäule der Pumpe stationär wurde, entsprechend der Spannung der Dämpfe bei der Temperatur des Zimmers. Darauf wurde der Apparat nochmals ausgepumpt und gefüllt, und, nachdem r' geschlossen war, bei successiven Verdünnungen das Spectrum des hindurchschlagenden Funkens beobachtet.

---

1) Diejenigen, welche vielleicht ähnliche Versuche anstellen wollen, möchte ich nicht unterlassen darauf aufmerksam zu machen, dass dieselben nicht ohne Gefahr sind. Die Mischungen der Benzol- und Aetherdämpfe mit Sauerstoff und Luft sind bekanntlich unter gewissen Proportionen explosibel und es ist desshalb nöthig den Entladungsapparat von der Luftpumpe jedesmal zu trennen, ehe der Strom durchgesandt wird. Eine Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaassregel bei einem der obigen Versuche führte einmal eine totale Zerschmetterung der benutzten Geissler'schen Pumpe herbei.

I) Versuche mit Aether.

$P = 156^{mm}$. Ohne Leydner Batterie nichts zu sehen. Die Flaschenentladung giebt ein reines Kohlenwasserstoffspectrum, auf dem H_α, H_β, H_γ schwach, und, namentlich die beiden letzteren, verschwommen zu sehen sind. Eine Steigerung der Stromstärke scheint die Intensität des Spectrums zu vermindern.

$P = 105 - 75^{mm}$. Das Spectrum sehr schwach. Nur in der Nähe der Electroden sind die Kohlenwasserstoffstreifen sichtbar. Vom Kohlenoxydspectrum Spuren.

$P = 50^{mm}$. Das Spectrum wird heller, namentlich die Streifen des Kohlenoxyds. Diese strecken sich mit gleicher Intensität quer über das ganze Spectrum, während diejenigen des Kohlenwasserstoffspectrums nur in der Nähe der Electroden deutlich sind. Die Leydner Flaschen waren hierbei eingeschaltet.

$P = 35^{mm}$. Das Spectrum noch heller. Die Streifen der Kohlenwasserstoffe sind auf denjenigen des Kohlenoxyds superponirt, und obgleich sie sich quer über das ganze Spectrum erstrecken, so sind sie indessen nur in der Nähe der Electroden intensiv. Das Kohlenoxydspectrum ist sehr vollständig, so dass auch die rothe und die violette Bande sichtbar sind. In der Nähe der Electroden blitzt bisweilen ein glänzendes, continuirliches Spectrum hervor, welches ohne Zweifel glühenden Thonerdepartikeln zuzuschreiben ist.

$P = 20^{mm}$. Das Spectrum ist fortwährend eine Superposition der beiden Spectra des Kohlenoxyds und der Kohlenwasserstoffe, von denen das letztere indessen nur bei den Electroden intensiv erscheint. Die Entladung besteht aus einem mittleren, eiförmigen Mantel von mattgrüner Farbe, an den Polspitzen durch zwei smaragdgrüne sternartige Lichtpunkte begrenzt, die wahrscheinlich den Resten des disruptiven Theils der Entladung entsprechen, während der schwächer leuchtende Mantel den continuirlichen Theil bildet.

$P = 10^{mm}$. Das Spectrum ist beinahe ausschliesslich dasjenige des Kohlenoxyds. Nur nahe bei den Electroden sind noch Spuren des Kohlenwasserstoffspectrums, sowie von H_α und H_β vorhanden. Das Einschalten der Leydner Batterie hat keine andere Wirkung, als die Kohlenwasserstoffstreifen etwas zu verlängern.

$P = 4 - 1^{mm}$. Das Spectrum ist jetzt nur als Spur zu erkennen.

II) Versuche mit Benzol.

$P = 82^{mm}$. Sogar die Flaschenentladung giebt nur ein sehr schwaches Spectrum. Die Streifen des Kohlenwasserstoffspectrums erscheinen als Spuren in der Nähe der Electroden, ebenso wie diejenigen des Kohlenoxyds, welche jedoch äusserst schwach sind.

$P = 62^{mm}$. Ohne Leydner Batterie ist nichts zu sehen; vielleicht Spuren von $CH(3)$. Die Flaschenentladung giebt ein aus den drei Streifen $CH(2)$, (3), (4) bestehendes Spectrum, neben Spuren von Kohlenoxydstreifen. Von Wasserstofflinien keine Spur.

$P = 30^{mm}$. Das Spectrum ist jetzt heller, namentlich die Streifen der Kohlenwasserstoffe. Auch das Kohlenoxydspectrum ist vollständig sichtbar; die Streifen desselben gehen mit gleicher Helligkeit quer über das Spectrum, während die Kohlenwasserstoffstreifen nur in der Nähe der Electroden glänzend sind. Von H_α und H_β sind Spuren zu erkennen. Das Spectrum ist seiner ganzen Länge nach in der mittleren Hälfte wie mit einem Schleier bedeckt (Fig. IV der Taf.).

$P = 20 - 10^{mm}$. Spectrum wie vorher, nur lichtstärker. Bei etwa 10^{mm} Druck beginnt das Kohlenoxydspectrum das Uebergewicht zu bekommen. H_α und H_β erscheinen nur als Spuren.

$P = 5^{mm}$. Das Kohlenoxydspectrum bedeutend glänzender als dasjenige der Kohlenwasserstoffe, welches letztere wenige Secunden nach dem Stromschluss allmälich verschwindet. Es scheint hiernach, als wenn der Uebergang des Stroms, nachdem die Entladungen durch einige disruptive Schläge eingeleitet worden sind, nur continuirlich erfolgte. H_α und H_β sind jetzt deutlicher zu erkennen.

$P < 1^{mm}$. Nur das Kohlenoxydspectrum übrig, aber schwächer als vorher.

Auch bei diesen Versuchen konnte keine Verschiebung der Helligkeitsmaxima der Streifen im Sinne der bei den Cometenspectra beobachteten Verhältnisse erkannt werden. Uebrigens findet man bei einer Vergleichung mit den Spectralerscheinungen der gemischten Dämpfe, dass die Gegenwart der permanenten Gase im Grossen und Ganzen nur einen untergeordneten Einfluss hat, was auch damit in Einklang steht, dass die Einführung auch nur einer Spur einer Kohlenverbindung in eine z. B. verdünnten Stickstoff enthaltende Röhre, sofort das fast ausschliessliche Auftreten des Spectrums dieser Verbindung bewirkt, während das vorher sehr entwickelte Stickstoffspectrum beinahe vollständig verschwindet.

Aus der Gesammtheit der obigen Versuche ersieht man, dass das Kohlenwasserstoffspectrum der *disruptiven*, dasjenige des Kohlenoxyds der *continuirlichen* Entladung entspricht. Da nun den Spectra der Cometen nach den Erörterungen in Cap. III. das erstere Spectrum ohne Zweifel als Typus zu Grunde liegt, so dürfte der Schluss als wahrscheinlich betrachtet werden können, dass die eigene Lichtentwickelung dieser Himmelskörper hauptsächlich disruptiven electrischen Entladungen im Inneren derselben zuzuschreiben, und im Allgemeinen nicht als eine Glimmlichterscheinung anzusehen ist. Die in vielen Fällen beobachteten Zuckungen und Schwankungen des Cometenlichtes scheinen wohl für diese Ansicht zu sprechen. Dass in einzelnen Fällen continuirliche Entladungen nebenbei auch stattfinden, und ein gleichzeitiges Auftreten des Kohlenoxydspectrums bedingen können, ist sowohl möglich als wahrscheinlich, es dürfte indessen dies nur als eine verhältnissmässig untergeordnete Erscheinung anzusehen sein, da sonst der erwähnte Spectraltypus

nicht so rein auftreten würde, wie es den Beobachtungen zufolge wirklich der Fall ist. Diese Anschauungen würden nun offenbar bedeutend an Wahrscheinlichkeit gewinnen, falls es gelingen würde, disruptive Entladungen in Kohlenwasserstoffen unter solchen Bedingungen zu Stande zu bringen, dass dabei auch eine den Spectra der Cometen entsprechende Lichtvertheilung in den Streifen erreicht würde; — in den bisjetzt geschilderten Versuchsverhältnissen ist dies, wie wir gesehen, nicht der Fall. Da aber das Auftreten der disruptiven Entladung und des dieselbe begleitenden Kohlenwasserstoffspectrums in den untersuchten Fällen mit einer bedeutenden Temperatursteigerung des Gases verbunden gewesen ist, und es, wie erwähnt, wohl wahrscheinlich sein dürfte, dass die Temperatur der Cometen eine relativ niedrige ist, so wäre für die Erreichung des besagten Zweckes zunächst eine solche Anordnung der Versuche zu treffen, dass die Entladungen, ohne ihren disruptiven Character einzubüssen, bei möglichst niedriger Temperatur zu Stande kämen. — Durch Verminderung des Druckes in den Röhren lässt sich dies gleichzeitig nicht erreichen, solange der Strom durch dieselben direct hindurchgeführt wird, denn, wenn auch dabei die Temperatur der Entladung sinkt, so geht letztere zugleich hauptsächlich in eine continuirliche über, und das vorher vorhandene Kohlenwasserstoffspectrum verschwindet, um demjenigen des Kohlenoxyds Platz zu machen. Diese Schwierigkeit lässt sich durch eine andere, jetzt zu beschreibende Versuchsanordnung umgehen, und die unter Anwendung derselben beobachteten Spectralerscheinungen scheinen in der That die Frage nach der künstlichen Reproduction der Intensitätsverhältnisse der Cometenstreifen ihrer Lösung etwas näher zu bringen.

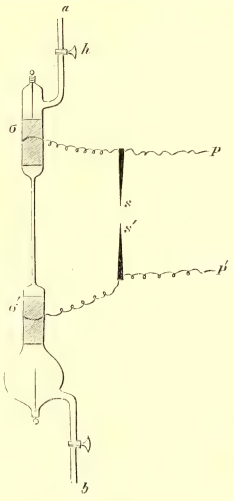


Fig. 2.

Die fraglichen Versuche wurden folgendermassen angeordnet. Auf den weiten Theilen einer mit Hähnen versehenen Geissler'schen Röhre wurden zwei Stanniolbelege σ, σ' (Fig. 2) von etwa einem Zoll Länge angeklebt. Durch zwei Kupferdräthe waren dieselben zunächst mit den beiden Spitzen s, s' eines Funkenmikrometers verbunden und darnach mit den beiden Polen P, P' der Inductionsrolle. Bei b communicirte das Rohr mit der Luftpumpe, und nachdem dasselbe bis aufs Äusserste ausgepumpt war, wurde bei a etwas Benzol eingegossen und darauf durch vorsichtiges Drehen des Hahns h ein Tropfen davon in das Rohr gebracht, worauf wieder ausgepumpt wurde, bis der Druck sich nicht mehr messen liess. Wurde nun die Rolle in Thätigkeit

gesetzt, so sprangen zwischen s und s' intensive Funken über und in der Röhre erschien ein schönes, grünes Licht, welches, im Spectroskope untersucht, ein beinahe reines, nur mit schwachen Wasserstofflinien gemischtes Kohlenwasserstoffspectrum gab. Beim directen Durchgang des Stroms durch die Röhre erhält man unter diesen Verhältnissen nur das Kohlenoxydspectrum. Es war aber hier die violette Gruppe sehr schwach und undeutlich und das Spectrum contrastirte in dieser Beziehung in sehr auffallender Weise mit demjenigen der Flamme des Benzols, welches ich unmittelbar darauf beobachtete. Dagegen schien mir die blaue Gruppe relativ heller als im Flammenspectrum und sie *hatte ausserdem entschieden ihre grösste Intensität nicht an der weniger brechbaren Kante, sondern mehr nach dem Violetten hin. Dasselbe schien mir auch mit der gelben Gruppe der Fall zu sein.* In Bezug auf die *grüne* Gruppe konnte ich aber *keine* Verschiebung des Intensitätsmaximums bemerken. Graphisch würden sich diese Verhältnisse durch die Curve A der Fig. 3 darstellen

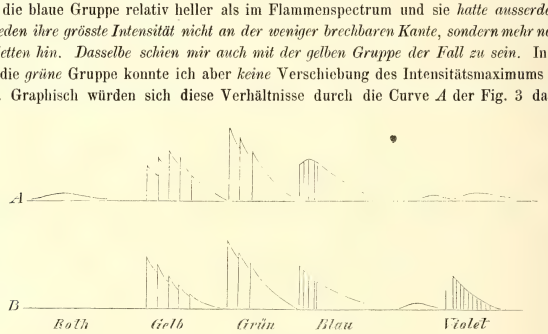


Fig. 3.

lassen, während die Curve B die Intensitätsvertheilung im normalen Kohlenwasserstoffspectrum darstellt. Diese Beobachtungen wurden mehrfach wiederholt und stets mit demselben Resultat. Wurde statt *Benzol*, *Aether* in das Rohr eingeführt, so entstand bei der äussersten Verdünnung zunächst ein beinahe reines Kohlenwasserstoffspectrum, allmälich ging aber die Farbe des Rohrs von blaugrün ins weissliche über und dem entsprechend bildete sich ein mehr und mehr an Glanz zunehmendes Kohlenoxydspectrum aus, welches schliesslich das vorherrschende wurde. Treibt man aber die Verdünnung nicht aufs Äusserste, sondern nur bis auf etwa 1 oder 2 Mm., so erhält man auch bei Anwendung von Aether ein constantes Kohlenwasserstoffspectrum, worin von Kohlenoxyd und Wasserstoff nur schwache Spuren zu erkennen sind. In der gelben und blauen Gruppe desselben scheint dabei auch dieselbe Verschiebung der Intensitätsmaxima vorhanden zu sein, wie bei den mit Benzol angestellten Versuchen, obgleich in der gelben Gruppe die Erscheinung, wegen Vermischung mit den hier auftretenden Spuren der gelben Gruppe des Kohlenoxyds, nicht völlig so rein auftrat wie dort. Das allmäliche Erscheinen des Kohlenoxydspectrums bei sehr niedrigem Drucke dürfte wohl auf eine nach und nach eintretende Dissociation zurückzuführen

sein, denn die Wasserstofflinien H_α und H_β, von denen, solange das Kohlenwasserstoffspectrum vorherrscht, kaum wahrnehmbare Spuren vorhanden sind, treten mit dem Kohlenoxydspectrum mehr und mehr hervor.

Die hier beschriebene Modification des Kohlenwasserstoffspectrums ist genau das was Huggins an dem Cometen II 1868 und Vogel beim Cometen IV 1873 beobachtet haben. Dagegen geben diese Versuche für die Verschiebung des Intensitätsmaximums des *grünen* Streifens mehrerer anderer Cometen keine Rechenschaft. Nichtsdestoweniger scheint wohl der eingeschlagene Weg für die Beantwortung der Frage nach der eigenthümlichen Lichtvertheilung der Cometenstreifen, der Hauptsache nach, der richtige zu sein. Der oben geäusserten Ansicht, dass das selbständige Licht der Cometen grösstentheils in disruptiven Entladungen bei niedriger Temperatur seinen Grund habe, scheint nach diesen Auseinandersetzungen wohl eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit beigemessen werden zu können.

Die Möglichkeit der hier besprochenen Erscheinungen lässt sich auch theoretisch aus der von Zöllner[1]) in seiner Abhandlung: «Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase», für das Intensitätsverhältniss zweier Spectraltheile abgeleiteten Gleichung übersehen. Bezeichnen nämlich A_λ und A_{λ_1} das Absorptionsvermögen einer Gasschicht von der *Einheit* der *Dicke* und *Dichte* für die Wellenlängen λ und λ_1 bei einer gewissen Temperatur t; J_λ und J_{λ_1} die Werthe der Kirchhoff'schen Funk-, tion unter denselben Verhältnissen; σ und m resp. *Dichte* und *Dicke* der strahlenden Schicht so ist das fragliche Intensitätsverhältniss nach Zöllner:

$$\frac{E_\lambda}{E_{\lambda_1}} = \frac{1-(1-A_\lambda)^{\sigma.m}}{1-(1-A_{\lambda_1})^{\sigma.m}} \cdot \frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}.$$

Betrachten wir nun zwei nahe aneinander liegende Spectraltheile, wie z. B. zwei Theile eines Streifens des Kohlenwasserstoffspectrums, so kann das Verhältniss $J_\lambda : J_{\lambda_1}$, als dasjenige der beiden entsprechenden Theile im Spectrum eines vollkommen schwarzen Körpers, der Einheit gleichgesetzt werden, und es wird:

$$\frac{E_\lambda}{E_{\lambda_1}} = \frac{1-(1-A_\lambda)^{\sigma.m}}{1-(1-A_{\lambda_1})^{\sigma.m}}.$$

Dies Verhältniss wird für einen gegebenen Fall, wie z B. unsere Geissler'sche Röhre, nur von den Functionen A_λ und A_{λ_1} abhängen, weil dann das Product $\sigma.m$ eine Constante ist. Um die Veränderungen desselben zu beurtheilen, hat man also nur nöthig die Eigenschaften dieser Functionen näher zu studiren. Die Form derselben ist uns allerdings vollkommen unbekannt; es lassen sich aber aus der Erfahrung einige allgemeine Eigenschaften derselben ableiten, die für den vorliegenden Zweck genügen. Zunächst weiss man, dass sie nur von der Temperatur des Gases und der Wellenlänge abhängen, also folgendermassen geschrieben werden können:

1) Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1870, p. 233.

$$A_\lambda = \varphi(t, \lambda)$$
$$A_{\lambda_1} = \varphi(t, \lambda_1).$$

Weiter folgt aus der Discontinuität der Gasspectra, dass für einen *bestimmten* Werth der Temperatur und *stetig variirende* λ, die Functionen φ Maxima und Minima besitzen, weil dies mit dem Emissionsvermögen E der Fall ist, und das Verhältniss $J = \frac{E}{A}$ sonst seine bekannte Continuität nicht bewahren würde[1]). Betrachtet man dagegen für eine *gewisse, bestimmte Wellenlänge* die *Temperatur* als *stetig veränderlich*, so folgt aus der Continuität der Function J in Verbindung mit dem erfahrungsmässig bekannten Umstande, dass mit stetig steigender Temperatur für jede Wellenlänge das Emissionsvermögen E stetig wächst, nothwendig, dass dies auch mit der Function $A_\lambda = \varphi(t, \lambda)$ zutreffen muss. — Da aber dieselbe, ihrer Natur nach, nie den Werth 1 überschreiten kann, so folgt, dass sie für alle Temperaturwerthe zwischen 0 und 1 eingeschlossen sein muss und mit steigender Temperatur sich diesem letzteren Werth mehr und mehr nähert. Nimmt man also die Temperatur als Abscisse und den entsprechenden Werth der Function A_λ als Ordinate, so muss dieselbe sich geometrisch durch eine Curve etwa von der Gestalt A_λ der beistehenden Fig. 4 darstellen lassen:

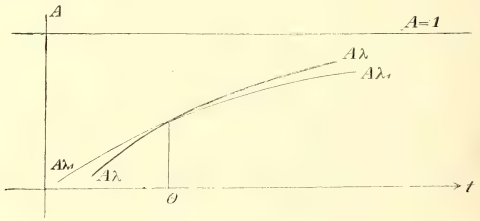


Fig. 4.

Die Functionen φ können somit offenbar mit stetig sich verändernder Temperatur *keine* Maxima oder Minima besitzen, wie sie es bei bestimmter Temperatur und stetig variirender Wellenlänge haben, denn daraus würde folgen, dass mit abnehmender Temperatur der Glanz einer Linie z. B. würde zunehmen können, was aber der Erfahrung widerspricht.

Aus diesen Eigenschaften der φ-Function lässt sich nun die Möglichkeit übersehen, *wie mit stetig variirender Temperatur das Intensitätsverhältniss zweier benachbarter Spectraltheile sich umkehren und das ursprüngliche Maximum im Spectrum sich verschieben kann.* Zu dem Zweck ist es nur nöthig anzunehmen, dass die den beiden Spectraltheilen entspre-

1) Mit *Continuität* ist hier offenbar *spectroskopische*, nicht *mathematische allein* zu verstehen.

chenden Functionen A_λ und A_{λ_1} für irgend eine Temperatur θ sich schneiden können, so, dass:

$$\text{Für } t > \theta \qquad A_\lambda > A_{\lambda_1}$$
$$\text{» } t < \theta \qquad A_\lambda < A_{\lambda_1}$$

denn dann wird

$$\text{Im ersten Falle } E_\lambda > E_{\lambda_1}$$
$$\text{Im letzten » } E_\lambda < E_{\lambda_1}.$$

Wäre nun z. B. $\lambda =$ der Wellenlänge der weniger brechbaren Kante einer der Kohlenwasserstoffgruppen und $\lambda_1 =$ derjenigen eines anderen Punkts derselben Gruppe, so *weiss* man, dass für *hohe* Werthe der Temperatur $E_\lambda > E_{\lambda_1}$ ist, weil dann die grösste Intensität der Bande an der weniger brechbaren Grenze liegt. Sinkt nun die Temperatur allmälich, und haben die A-Functionen die oben erörteten Eigenschaften, so muss es schliesslich einmal eintreffen, dass, nachdem eine gewisse Temperatur θ überschritten ist, $E_\lambda < E_{\lambda_1}$ wird, und man hat eine Verschiebung des Maximums nach dem Violetten hin, wie es die Versuche anzudeuten scheinen.

Für die Ableitung des obigen Satzes über die Umkehrung des Intensitätsverhältnisses zweier benachbarter Spectraltheile mit stetig variirender Temperatur macht Zöllner[1]) die Annahme, dass die Functionen A_λ und A_{λ_1} «bei stetiger Änderung der Temperatur für *dieselbe Wellenlänge* ähnliche Maxima und Minima haben, wie sie solche für *dieselbe Temperatur* bei stetiger Änderung der Wellenlänge factisch besitzen». Nach dem Vorhergehenden kann ich dieser Annahme nicht beipflichten und es steht dieselbe auch mit dem, was Zöllner selbst weiter unten sagt in Widerspruch. Es heist nämlich (p. 247): . . . . . «dass im *Allgemeinen* die Veränderungen, welche E durch Temperaturveränderungen erleidet, von Veränderungen *in gleichem Sinne* von A begleitet sein müssen. *Da nun mit steigender Temperatur die Werthe von E für alle Werthe von* λ *nach den bisherigen Beobachtungen als wachsend gefunden wurden, so werden auch die Werthe von A bei hoher Temperatur im Allgemeinen grösser als bei niedriger Temperatur vorausgesetzt werden müssen*». Soweit ich sehen kann schliesst dieser Satz die Annahme von Maxima und Minima bei den φ-Functionen aus.

Es verdient indessen schliesslich bemerkt zu werden, dass, wenn auch die fragliche Umkehrung des Intensitätsverhältnisses zweier benachbarter Spectraltheile durch Temperaturveränderungen des strahlenden Gases unter Umständen *möglich* ist, so ist sie desshalb durchaus nicht *immer nothwendig*. Denn die Functionen A_λ und A_{λ_1} können offenbar so beschaffen gedacht werden, dass die Differenz $A_\lambda - A_{\lambda_1}$ ihr Zeichen nicht verändert, sondern nur mit steigender Temperatur gegen Null convergirt. In solchem Falle können die Curven sich nicht schneiden und kann also keine Umkehrung des Intensitätsverhältnisses oder Verschiebung des Maximums stattfinden. Die einzige Wirkung einer stetigen Temperatursteigerung würde dann eine mehr und mehr eintretende Ausgleichung des Intensitätsunterschiedes sein.

1) a. a. O. p. 245.

Capitel V.

Ueber die Kerne der Cometen und ihr Spectrum.

Bisjetzt ist nur von dem discontinuirlichen Theil der Cometenspectra die Rede gewesen und der Versuch gemacht worden, aus den gegenwärtig vorliegenden Beobachtungen die Haupteigenschaften derselben in ihrer Beziehung zu denjenigen der Kohlenverbindungen näher zu präcisiren, sowie auch auf experimentellem Wege eine vorläufige Andeutung zu gewinnen, in welcher Weise eine nähere Einsicht in die Natur der beobachteten Abweichungen der beiden Spectralgruppen von einander zu hoffen wäre. — Es bleibt uns nun schliesslich übrig mit einigen Worten des das Bandenspectrum gewöhnlich begleitenden continuirlichen Spectrums zu gedenken, um zu sehen, ob nicht für die Deutung desselben einige Anhaltspunkte gewonnen werden können, welche der Erfahrung besser entsprechen möchten, als die über diesen Punkt bisher gewöhnlich angenommenen Theorieen. Zu dem Zweck mag zunächst eine kurze Zusammenstellung derjenigen Fälle folgen, bei denen mit genügender Sicherheit ein continuirliches Spectrum neben dem Streifenspectrum beobachtet worden ist[1]).

1) Comet I 1866. Ein continuirliches Spectrum ist sowohl von Secchi als von Huggins beobachtet worden. Nach Huggins gehörte dasselbe der *Coma*, während die helle Linie (s. oben) nur in den Kernpartieen zum Vorschein kam.
2) Comet II 1867. Nach Huggins gab die Coma ein schwaches, continuirliches Spectrum.
3) Comet I 1868 (Brorsen). Secchi hat ein schwaches continuirliches Spectrum gesehen, ob dem Kerne oder der Coma gehörig ist seiner Beschreibung unmittelbar nicht zu entnehmen, doch scheint aus seiner Ausdrucksweise mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass das letztere der Fall gewesen. Die *Coma* zeigte Spuren von

1) In Bezug auf die Literaturquellen, siehe die entsprechenden Hinweisungen des Cap. III.

Polarisation, der *Kern* aber nicht. Huggins hat bei der Erscheinung des Cometen im Jahre 1868 ein continuirliches Spectrum beobachtet, bemerkt jedoch, dass dasselbe im Vergleich mit denjenigen der Cometen I 1866 und II 1867 verhältnissmässig untergeordnet war. Bei der Wiederkehr des Cometen 1879 hat Konkoly das continuirliche Spectrum beobachtet und hebt dabei ausdrücklich hervor, dass dasselbe nicht nur vom *Kerne*, sondern auch von der übrigen Nebelmasse des Cometen herrührte. Die übrigen Beobachter im Jahre 1879 erwähnen keines continuirlichen Spectrums.

4) Comet I 1870. Nach den Beobachtungen von Wolf und Rayet lagen die Streifen des discontinuirlichen Spectrums auf einem continuirlichen Hintergrunde, und da das Licht des Cometen Polarisation zeigte, so wurde dies continuirliche Spectrum auf reflectirtes Sonnenlicht zurückgeführt. Wahrscheinlich rührte diese Lichtentwickelung von der Coma her.

5) Comet I 1871. In der ersten Zeit der Erscheinung des Cometen konnte Vogel wegen der Lichtschwäche desselben nur ein sehr schwaches continuirliches Spectrum bemerken. In dem Maasse aber, wie die Helligkeit zunahm, zeigte der sehr helle *Kern* ein sehr vollständiges, vom Rothen bis weit über *F* des Sonnenspectrums hinaus sich erstreckendes Spectrum.

6) Comet III 1871 (Encke). Bei der Erscheinung im Jahre 1871 ist von Vogel eine schwache Spur eines continuirlichen Spectrums nebst Polarisation bemerkt worden, dagegen nicht von den übrigen Beobachtern, Huggins, Young und Harkness. Ebenso vermochte im Jahre 1875 Konkoly kein continuirliches Spectrum zu entdecken.

7) Comet IV 1871. Nach Vogel erschien der Comet als grosser, runder Nebel mit starker Verdichtung und sternartigem Kern. Das schwache continuirliche Spectrum war ohne Zweifel dem Kerne zuzuschreiben.

8) Comet III 1873. Bei diesem Cometen haben Wolf und Rayet ein relativ helles, continuirliches Spectrum beobachtet und bemerken darüber: «Le spectre continu présente beaucoup plus d'éclat, que celui des comètes, que nous avons précédemment étudiées, et est beaucoup plus étroit. Peut-être est il dû à un noyeau solide». Es scheint hieraus sicher genug, dass hier von einem Kernspectrum die Rede ist.

9) Comet IV 1873. Vogel vermuthet beim Kerne dieses Cometen ein schwaches, continuirliches Spectrum bemerkt zu haben.

10) Comet II 1874. Nach Vogel gab der hellste, centrale Theil des Cometen ein überaus schwaches, continuirliches Spectrum, welches, am gelben Streifen des Bandenspectrums beginnend, sich nur wenig über den blauen hinaus verfolgen liess.

11) Comet III 1874. Da dieser Comet, wegen seiner grossen Helligkeit, auch in Bezug auf das continuirliche Spectrum besonders zuverlässige Beobachtungen zuliess, so dürfte es geeignet sein derselben hier etwas ausführlicher zu gedenken. Vogel bemerkt in Bezug hierauf:

Mai 6. . . . . «Auffallend war im Verhältniss zu der Intensität dieser Streifen (des Banden-

spectrums) das continuirliche Spectrum, welches der Kern und die nächstliegenden, hellsten Partieen des Cometen gaben. Es erstreckte sich dieses continuirliche Spectrum etwa von 590 bis 440 Mill. Mm. Wellenlänge.

Mai 18. «Mit der Zunahme der Helligkeit des Cometen war auch die der drei Streifen und des continuirlichen Spectrums bedeutend gewachsen.

Mai 19. «Das vom Kern und den hellsten Theilen des Cometen ausgehende Licht gab ein auffallend starkes, continuirliches Spectrum.

Juli 8. «Das continuirliche Spectrum des Kerns war ganz brillant, aber das eigentliche Cometenspectrum war kaum daneben zu erkennen».

Mit diesen Beobachtungen sind diejenigen von Bredichin vollständig in Einklang, nur hat Bredichin, ausser dem vom Kerne herrührenden, schmalen, continuirlichen Spectrum, noch ein *zweites*, *schwaches* beobachtet, welches die Zwischenräume zwischen den Streifen des Bandenspectrums ausfüllte. Es heisst z. B.:

Juni 27. «Le spectre continu est très brillant et a la forme d'une bande longue et étroite; quand le noyau sort de la fente, dans le champ restent les bandes *A*, *B* et *C* et entre elles un spectre continu large et très faible».

Juli 2. «Le spectre continu est produit presque exclusivement par le noyau de la comète».

Juli 3. «Le spectre continu est tellement fort, qu'il affaiblit sensiblement le spectre à bandes».

Juli 4. «Le spectre continu est très fort, on y voit clairement la couleur rouge».

Die letzte Bemerkung ist mit den Beobachtungen Bredichins über die *Farbe* des Kerns in weniger guter Uebereinstimmung. Bredichin bezeichnet dieselbe wiederholt als *blau* («bleuatre», «d'une couleur bleue claire») während andere Beobachter die Farbe ganz anders aufgefasst haben, wie z. B. *weiss* (Konkoly), *gelblich* (Secchi), *Orange* (Huggins). Es dürften die letzteren Beobachtungen mehr der Wirklichkeit entsprochen haben, da bekanntlich den Kernen der meisten grösseren Cometen im Allgemeinen eine *gelbe* oder *röthliche* Färbung zugeschrieben wird [1]).

---

1) Die Fälle, in denen über die Färbung der Cometen nähere Angaben vorliegen, sind, namentlich in älteren Zeiten, ziemlich sparsam. In seiner Astronomie populaire bemerkt hierüber Arago: «En compulsant les chroniques et les cométographies, on n'y trouve qu'un très petit nombre de cas où il soit fait mention d'une coloration décidée dans la lumière d'une comète et encore cette coloration est-elle presque exclusivement *rougeâtre* ou *jaune*». Ohne uns bei den wenigen, hier aufgeführten älteren Angaben aufzuhalten, mögen nur die Beobachtungen von Messier in Bezug auf $\mathcal{C}$ 1769 und diejenige des grossen Cometen 1811 von J. Herschel erwähnt werden, nach denen die *Kerne* dieser Objecte *röthlich* gewesen sein sollen. Später sind in dieser Beziehung die Aufzeichnungen der Beobachter nicht ganz so dürftig. So finden wir z. B. folgende Fälle, wo über die Farbe der Kerne nähere Angaben vorhanden sind:

Halley's Comet 1835. W. Struve. Beobachtungen ... etc. Oct. 9. «Der Kern zeigte sich wie eine kleine, etwas in's *gelbliche* spielende, glühende Kohle von länglicher Form».

J. F. Julius Schmidt (Astronom. Beob. über Cometen) bemerkt (p. 13): «Alle grösseren Cometen mit Ausnahme des von 1843, die ich seither beobachtete, hatten kein weisses Licht, sondern waren von *gelblicher* oder matt *gelbröthlicher*, schwer zu bestimmender Farbe. Auch der Comet von Donati war nicht weiss, und namentlich war das *gelbe* Colorit aller

Bei seinen Spectralbeobachtungen über den vorliegenden Cometen macht Huggins, nachdem er das Streifenspectrum desselben näher besprochen, in Uebereinstimmung mit den obigen Beobachtungen Bredichin's einen bestimmten Unterschied zwischen:

a) *dem continuirlichen Spectrum des Kerns*, und

b) *dem continuirlichen Spectrum, welches in der Coma das Gasspectrum begleitet und zum grössten Theil der Lichtstrahlung des Schweifs entspricht.*

In dem ersten dieser Spectra fehlte das blaue Ende jenseits *G.* Huggins bemerkt dabei, dass dieselbe Erscheinung auch beim Sonnenspectrum wiederkehrt, sobald die Intensität desselben unter eine gewisse Grenze sinkt, und dass demzufolge diese Beobachtung *allein* nicht zu dem Schluss berechtigt, dass der Kern überhaupt kein violettes Licht ausstrahlte. Indessen scheint die *Farbe* des Kerns wohl dafür zu sprechen dass die äussersten Theile des Spectrums in der Strahlung desselben relativ untergeordnet gewesen.

Das *zweite* continuirliche Spectrum, welches der Comet zeigte, konnte in allen Theilen der Coma beobachtet werden, obwohl mit an verschiedenen Stellen sehr verschiedener Intensität. So z. B. war dasselbe an der Grenze der Coma und im dunklen Raume hinter dem Kerne sehr schwach. Merkwürdig ist aber, dass in den hellsten Ausstrahlungen des Cometen hauptsächlich das continuirliche Spectrum an Intensität zunahm und jedenfalls in viel stärkerem Verhältnisse als das Bandenspectrum.

Polarisation wurde an mehreren Abenden, namentlich in den Schweifpartieen beobachtet.

Das continuirliche Kernspectrum ist ausserdem von Secchi, Rayet, d'Arrest, Konkoly und Christie gesehen; — des zweiten continuirlichen Spectrums geschieht aber nur beim letzteren Beobachter Erwähnung. Im Kernspectrum meinen d'Arrest und Christie einige dunklen Streifen bemerkt zu haben, diese Beobachtung steht jedoch bisjetzt ganz isolirt da.

12) Comet II 1877. Nach Lord Lindsay zeigte dieser Comet bei schwacher Dispersion ein schmales continuirliches Spectrum, welches die Streifen des Bandenspectrums mit einander verband. Grössere Dispersion brachte dasselbe zum Verschwinden.

13) Comet IV 1879. Konkoly beobachtete bei diesem Cometen ein sehr schwaches continuirliches Spectrum von auffallender Kürze. Dasselbe erstreckte sich nur über den Raum von etwa $\lambda = 549$ bis $\lambda = 520$ Mill. Mill. und gehörte unzweifelhaft der Coma.

---

zum Kopfe gehöriger Theile stets erkennbar, auch im Vergleich mit der, freilich lebhafteren Farbe des Arcturus».

Comet II 1861. Secchi: Osservazione e Ricerche astronomiche sulla grande cometa del Giugno 1861. Roma 1861, p. 8: «Il suo capo presentava un nulceo ben distinto e terminato di color *giallctto*, da cui uscivano getti di luce o razzi disposti a ventaglio di color *rossato* ...». Damit stimmen die Beobachtungen Schmidt's (a. a. O. p. 98): «Die ganze, einem Seesterne ähnliche Figur war *goldfarbig* und von prachtvollem Aussehen».

Comet II 1862. Schweizer (Bullet. de Moscou 1863) bezeichnet wiederholt den Kern als *Orangefarbig* (Aug. 15, 20, 31, Sept. 4). Ebenso findet Schmidt (a. a. O. p. 111) die Farbe des Kerns *goldfarbig* (Aug. 13, Sept. 4). Dasselbe findet man auch von Winnecke bemerkt. Vergl. Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg (VII) Tom. VII № 7, p. 7 und 19.

Aus diesen Beobachtungen ersieht man, dass von den bisjetzt spectroskopisch untersuchten Cometen die meisten, neben dem Streifenspectrum, noch ein continuirliches Spectrum gezeigt haben. Dieses continuirliche Spectrum rührte aber in einigen Fällen ausschliesslich von der *Coma*, in anderen vom *Kerne* her und nur bei *zwei* Cometen (I 1868 und III 1874) liess sich in beiden Fällen ein solches Spectrum constatiren. Die Beobachtungen lassen sich folglich folgendermassen übersichtlich zusammenstellen:

Cont. Spectr. beobachtet Vom Kern.	Von d. Coma.	Kein Cont. Spectr.	Cont. Spectr. zweifelhaft.
☄ I 1868	☄ I 1866	☄ I 1864	☄ III 1871
I 1871	II 1867	II 1868	
IV 1871	I 1868	IV 1874	
III 1873	I 1870	I 1877	
IV 1873	III 1874	III 1877	
II 1874	IV 1879		
III 1874			
II 1877			

Was nun die Erklärung dieses continuirlichen Spectrums betrifft, so scheint man sich im Allgemeinen damit begnügt zu haben, dieselbe einfach in dem vom Cometen reflectirten Sonnenlichte zu suchen, namentlich in solchen Fällen, wo ausserdem eine mehr oder weniger ausgeprägte Polarisation des Cometenlichtes beobachtet worden ist. Dass diese Erklärung in vielen Fällen, besonders in denjenigen, wo das continuirliche Spectrum von der Coma *allein* herrührt, genügend sein dürfte, will ich nicht bestreiten; sobald aber das Spectrum *allein* oder *hauptsächlich* dem Kerne entstammt, so kann ich nicht umhin dieselbe als unwahrscheinlich oder wenigstens unzureichend zu betrachten, da das Spectrum in solchen Fällen oft gar zu intensiv erscheint, um nur auf reflectirtes Sonnenlicht zurückgeführt werden zu können. Diese Ansicht scheint auch Huggins zu theilen, indem er bei Gelegenheit seiner Beobachtungen des Cometen III 1874 wörtlich bemerkt[1]): «The reflected solar light would account for a large part of the continuous spectrum. To what source are we to ascribe the remaining light, which the prism resolves into a continuous spectrum? Is it due to reflection from discrete particles too larges relatively to the wave-lengths of the light for polarization to take place? or is it due to incandescent solid particles? From the coexistence of the band-spectrum, we can scarcely think of distinct masses of gas dense enough to give a continuous spectrum». — Wenn also das continuirliche Kernspectrum, ebenso wie das Streifenspectrum, im Allgemeinen einer selbständigen Lichtentwickelung der Cometen zugeschrieben werden muss, so entsteht die Frage, wie man sich unter dieser Voraussetzung die physische Beschaffenheit des Kerns vorzustellen habe, um allen beobach-

1) Proc. Roy. Soc. № 158. 1875, p. 158.

teten Erscheinungen möglichst zu genügen. Beim ersten Blick scheinen dabei nur zwei Alternativen möglich; — entweder befindet sich der Kern in festem oder flüssigem glühendem Zustande, oder auch ist er nur der Ort einer so grossen Verdichtung der den Cometen constituirenden Gase oder Dämpfe, dass in demselben das Streifenspectrum in ein continuirliches übergeht. Eine nähere Ueberlegung zeigt indessen, dass keine von diesen Annahmen sich mit der Erfahrung in Einklang bringen lässt. Die letzte ist, wie Huggins richtig bemerkt, wegen des gleichzeitigen Auftretens des Streifenspectrums in den Kernpartieen schon von vornherein ausgeschlossen, und abgesehen davon, wären die bei grösseren Cometen stattfindenden, intensiven Ausströmungen aus dem Kerne aus einem rein gasförmigen Zustande desselben weder qualitativ, noch quantitativ zu erklären. Dasselbe würde auch der Fall sein, falls man sich den Kern in *glühend fester* Form vorstellen wollte, und ausserdem würde er unter dieser Annahme jedenfalls eine bestimmte Form und Grösse besitzen, was nach den Beobachtungen nicht zutrifft. Im Gegentheil wechselt seine Grösse sehr erheblich und ist, ebenso wie die Gestalt, gewöhnlich mit der angewandten Vergrösserung verschieden, sogar derart, dass er bei grossen Werthen der letzteren seine bestimmte Begrenzung ganz verliert und in einen verschwommenen Nebel übergeht. Den Kern schliesslich als eine *glühend flüssige* Masse anzusehen ist ebenfalls unmöglich, weil diejenigen Stoffe, welche den Spectralbeobachtungen zufolge die Hauptbestandtheile der Cometen bilden, bei hohen Temperaturen in flüssigem Zustande nicht bestehen können. Uebrigens ist es überhaupt nicht einzusehen, wie bei einem festen oder flüssigen, compacten Kerne eine so hohe Temperatur entstehen, oder auf die Dauer unterhalten werden sollte. — Betrachtet man dagegen den Kern als eine flüssige Masse bei niedriger Temperatur, und zwar aus denjenigen Stoffen gebildet, deren Dämpfe uns die Spectroskopie der Cometen als in denselben anwesend anzeigt, also als eine Masse flüssiger Kohlenwasserstoffe, so lassen sich, wie Zöllner gezeigt hat, aus den bei der Annäherung des Cometen an die Sonne nothwendig eintretenden Verdampfungsprocessen in qualitativer wie quantitativer Beziehung, sowohl die Erscheinungen der Ausströmungen, als die die Lichtentwickelung bedingende electrische Erregung der gebildeten Dämpfe einfach übersehen. Könnte man nun für die Dichte dieser Dämpfe in der unmittelbaren Nähe des Kerns *bedeutendere* Werthe voraussetzen, so wäre, da nach Wüllner die Gase unter solchen Umständen continuirliche Spectra geben, für die factische Continuität der Kernspectra sofort eine befriedigende Erklärung gegeben; diese Annahme ist aber nicht nur an sich unwahrscheinlich, sondern, wie schon gesagt, wegen der gleichzeitigen Anwesenheit des Bandenspectrums in den Kernpartieen unzulässig.

Aus den oben besprochenen Spectralerscheinungen der electrischen Entladung in Kohlenwasserstoffen lässt sich indessen, unter Festhalten der letzterwähnten Vorstellungen über die Beschaffenheit des Kerns, auch ohne eine grössere Dichtigkeit den demselben entströmenden Dämpfen zuzuscheiben eine Deutung des continuirlichen Spectrums ableiten, welche, wegen der Leichtigkeit, mit welcher aus derselben mehrere Erscheinungen der Kernpartieen sich übersehen lassen, vielleicht einige Beachtung verdienen

dürfte. Wir haben gesehen, dass, wenn der einfache Inductionsfunken in Mischungen von Luft oder Sauerstoff mit Kohlenwasserstoffdämpfen unter Atmosphärendruck überschlägt, die Entladung hauptsächlich in einer intensiven, goldgelben, flackernden Lichthülle besteht, welche ein mehr oder weniger intensives, continuirliches Spectrum giebt. — Die Versuche schienen auch an die Hand zu geben, dass die Gegenwart des Sauerstoffs für das Hervortreten der Erscheinung massgebend sei, und, da dabei stets mehr oder weniger Russ ausgefällt wurde, so lag die Vermuthung nahe, den ganzen Vorgang mit einer unvollständigen Verbrennung parallel zu stellen, indem durch den Strom die Kohlenwasserstoffe dissociirt werden, wobei die in fester Form ausgefällten, und in feinster Vertheilung glühenden Kohlenpartikel das continuirliche Spectrum geben. Da nun, wie mehrfach hervorgehoben, die selbständigen, cometarischen Lichterscheinungen ohne Zweifel electrischen Processen zugeschrieben werden müssen, und es sowohl in der Natur der Sache begründet, als durch die Beobachtung bestätigt ist, dass die Dichtigkeit der dem Kerne entströmenden Dämpfe in seiner unmittelbaren Nähe ihren grössten Werth hat, so scheint es, wenigstens bei grösseren Cometen, nicht unwahrscheinlich hier solche *mässige* Dichtigkeitsverhältnisse vorauszusetzen, dass Entladungen der den erwähnten Versuchen entsprechenden Art stattfinden können. Dasjenige, was wir als Kern eines Cometen beobachten, und von dem das continuirliche Spectrum herrührt, wäre nach dieser Ansicht also nichts Anderes, als die den eigentlichen Kern zunächst umschliessenden Schichten der ihm unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung entströmenden Kohlenwasserstoffdämpfe, in denen, wegen der relativ grösseren Dichtigkeit, die durch die Verdampfung hervorgerufenen electrischen Entladungen eine Dissociation herbeiführen. — Da nun das Gebiet des Cometenkopfes, innerhalb dessen dies der Fall ist, offenbar im Allgemeinen keine bestimmte geometrische Begrenzung zu haben braucht oder haben kann, so erklärt sich hieraus, sowohl die häufig beobachtete unregelmässige und zackige Form des Kerns, als auch seine variable Grösse, sowie schliesslich die Erscheinung, dass derselbe, unter stärkerer Vergrösserung beobachtet, von einer sternartigen Schärfe in die diffuse Form eines Nebels übergeht. Ferner zeigen die von Hirn[1]) über die Durchsichtigkeit der kohlenstoffhaltigen Flammen, in denen fein vertheilte Kohlenpartikel in fester Form glühen, für fremdes Licht angestellten Untersuchungen, dass, wenn den Kernen der Cometen die eben erörterten Eigenschaften beigelegt werden, daraus für die Sichtbarkeit nahe central bedeckter Sterne kein Hinderniss erwächst. Die Abwesenheit aller Polarisation im Kerne, z. B. beim Brorsen'schen Cometen 1868 nach Secchi, (s. oben) ist auch mit dem Umstande in Einklang, dass bei solchen Glüherscheinungen wie die kohlenhaltigen Flammen jede Spur von Polarisation fehlt. Die goldgelbe Farbe der electrischen Entladung in Kohlenwasserstoffen unter den erwähnten Bedingungen ist mit der gewöhnlich beobachteten gelben oder röthlichen Färbung der Kerne der grösseren Cometen in voller

1) Hirn: Mémoire sur les propriétés optiques de la flamme des corps en combustion et sur la température des soleil. Paris 1873. Annales de Chimie et de Physique t. XXX. 1873.

Analogie, und ebenso hat das bei stärkerer Vergrösserung oft bemerkte unruhige Pulsiren und granulirte Aussehen desselben in der flackernden und unstetigen Natur des Funkens ein entsprechendes Gegenstück.

Schliesslich mag im Zusammenhang mit diesen Betrachtungen über die Cometenkerne im Allgemeinen, nochmals auf das merkwürdige Verhalten des Kernspectrums des Cometen III 1874, dessen schon oben (p. 52. 88) besondere Erwähnung geschehen ist, zurückgewiesen werden, auf den Umstand nämlich, dass dies Spectrum Anfang Juli so bedeutend an Intensität zunahm, dass dadurch das eigentliche Cometenspectrum in den dem Kerne zunächst liegenden Theilen des Cometen beinahe zum Verschwinden gebracht wurde. Diese Erscheinung scheint aus der hier gegebenen Theorie der Kerne in sehr einfacher Weise erklärlich. Denn nach den Rechnungen Schulhof's[1]) fand der Periheldurchgang Juli 8.89 m. Z. Berlin statt, und es gehören folglich die Beobachtungen über die fragliche Intensitätszunahme des Kernspectrums gerade der Zeit der grössten Sonnennähe, in welcher die Ausströmungen aus dem Kerne besonders lebhaft vor sich gehen mussten. Daraus folgt aber, dass die Dichtigkeit der dem Kerne entströmenden Kohlenwasserstoffdämpfe in der Nähe des Kerns in dieser Zeit auch ihr Maximum erreicht haben muss, was wiederum eine Verstärkung der Dissociation und eine Steigerung der Intensität des continuirlichen Spectrums herbeiführte. Da nun aber diese Umstände nicht, oder nur in wesentlich geringerem Grade die Dichtigkeitsverhältnisse der weiter vom Kerne liegenden Kohlenwasserstoffschichten beeinflussen konnten, so sieht man, dass die Veränderungen der Spectralerscheinungen, die hieraus entstehen konnten, hauptsächlich in dem Kernspectrum sich bemerklich machen mussten, und dass das eigentliche Bandenspectrum, dem immer heller werdenden Kernspectrum gegenüber demnach relativ zurücktreten würde.

Es muss der Zukunft vorbehalten bleiben, durch weitere Beobachtungen und Vergleichungen die Haltbarkeit der hier ausgesprochenen Anschauungen über die Natur der Cometenkerne näher zu prüfen, resp. zu modificiren oder zu ergänzen. Für den Augenblick scheint die Einfachheit, mit der aus denselben mehrere der wichtigsten Erscheinungen der Cometenkerne, wie sie uns die Beobachtungen an die Hand geben, sich ableiten lassen, nicht unbedeutend für die Wahrscheinlichkeit derselben zu sprechen; indessen möchte ich jedoch ausdrücklich betonen, dass, wenn auch aus diesem Grunde die Auseinandersetzung derselben hier mir nicht ungeeignet erschienen ist, ich dieselben jedenfalls nur noch als eine weiterer Bestätigung bedürftige Hypothese betrachte.

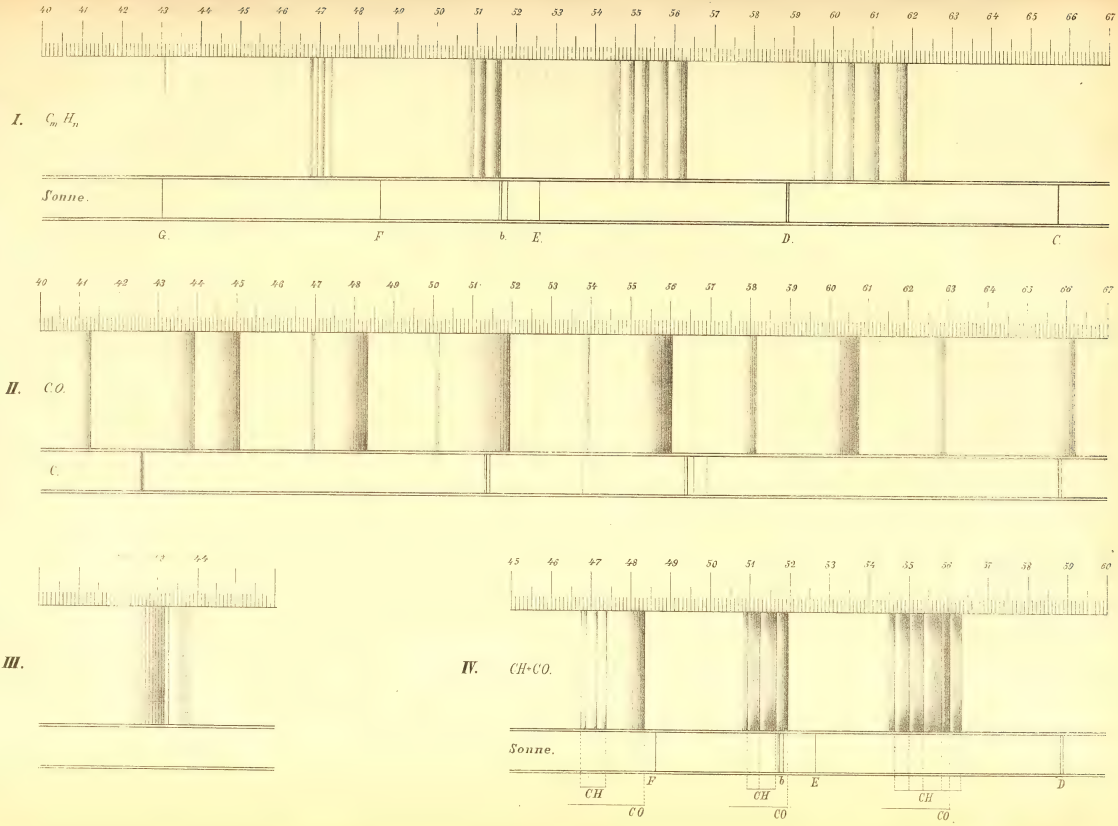
Zusatz. Während des Drucks der vorliegenden Abhandlung habe ich in Bezug auf das Spectrum des Cometen II 1877 noch einige, vorher übersehenen Beobachtungen von Bredichin aufgefunden. (Ann. de l'Observatoire de Moscou. Vol. IV. I. p. 104). Die Resultate derselben stimmen sehr befriedigend mit der oben (p. 62) gegebenen Zusammenstellung der Beobachtungen in Dun-Echt, wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht:

1) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. X. p. 187.

Comet II 1877.

Streifen *A.*		Streifen *B.*		Streifen *C.*	
Kante.	Max.	Kante.	Max.	Kante.	Max.
557.8	554.5	516.9	513.3	—	469.7

Die an vier Abenden, nämlich April 16., 29. und Mai 1., 4., angestellten Beobachtungen stimmen unter einander recht befriedigend überein, namentlich in Betreff des Streifens *B*, der wie gewöhnlich auch hier der stärkste war.


I.
$C_m H_n$
Sonne.
G.
F
b.
E.
D.
C.
II.
CO.
C.
III.
IV.
CH+CO.
Sonne.
CH
CO
F
CH
CO
b
E
CH
CO
D

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 55 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.

№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 2 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. Ie Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. IIe Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K.= 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 50 K. = 1 Mk 30 Pf.

№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K.= 1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lowisa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten Stockholm und Helsingfors, ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten. 1872. Pr. 25 K = 80 Pf.

№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung eines wichtigen Theiles der absoluten Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K.=2 Mk 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.

№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXIII, № 3. **Nyrén, M.** Das Aequinoctium für 1865,0, abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 — 70 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 1. **Hasselberg, Dr. B.** Ueber das durch electrische Erregung erzeugte Leuchten der Gaze bei niedriger Temperatur. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K.= 1 Mk. 20 Pf.

Envoi de l'Acad. Imp. des sc. de St.-Pétersbourg.

Washington,
Smithsonian Institution.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 3.

ALLGEMEINE THEORIE
DER
MAGNETISCHEN DÄMPFER.

VON

O. Chwolson.

Privat Docent an der St. Petersburger Universität.

(*Lu le 1 avril 1880*)

11 2926
DEC. 8. 1881

ST.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Petersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. = 3 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 3.

ALLGEMEINE THEORIE
DER
MAGNETISCHEN DÄMPFER.

VON

O. Chwolson,
Privat-Docent an der St. Petersburger Universität.

(*Lu le 1 avril 1880.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1880.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. = 3 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Décembre 1880. C. Vesséloſski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Inhaltsverzeichniss.

Seite.

Einleitung 1

Cap. I. Recapitulation und Erweiterung der früher erhaltenen Resultate.

§ 1. Uebersicht der hauptsächlichsten in dieser Schrift gebrauchten Bezeichnungen 5

§ 2. Angabe der Regel, nach welcher die Correctionsglieder zu berechnen sind, wenn die Bewegungsgleichung bekannt ist 7

§ 3. Betrachtung der ganzen Schwingungsbögen, der logarithmischen Decremente und der beiden Weber'schen Methoden der Multiplication und Reflexion 9

§ 4. Recapitulation der wichtigsten Formeln für den ersten früher betrachteten Specialfall, dass die Bewegungsgleichung des Magneten von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

ist 12

§ 5. Ausrechnung der Zahlenwerthe der Correctionsglieder für diesen ersten früher betrachteten Specialfall 14

§ 6. Recapitulation der wichtigsten Formeln für den zweiten früher betrachteten Specialfall, dass die Bewegungsgleichung des Magneten von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1-\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

ist 20

§ 7. Ausrechnung der Zahlenwerthe der Correctionsglieder für diesen zweiten früher betrachteten Specialfall 22

Cap. II. Entwickelung der allgemeinsten Form der Correctionsglieder bei Unkenntniss der Differentialgleichung der Bewegung des Magneten.

§ 8. Entwickelung der allgemeinsten Form der, in die Grundformeln I, II, III, IV und V des § 2 eingehenden Hülfsgrössen $\left(\psi \text{ und Specialwerthe von } \psi \text{ und } \frac{d\psi}{dt}\right)$ 25

§ 9. Entwickelung der allgemeinsten Form der Correctionsglieder in den Ausdrücken für $\Theta_n, v_n, T_n, \Phi_n$ etc. 30

§ 10. Untersuchung der Grösse des bei obiger Entwickelung begangenen Fehlers 39

§ 11. Specielle Betrachtung des Falles, dass die additiven Glieder in der Bewegungsgleichung des Magneten von der Ordnung $m = 3$ sind 41

§ 12. Specielle Betrachtung der Weber'schen Multiplicationsmethode für den Fall $m = 3$ 44

§ 13. Specielle Betrachtung des Falles $m = 2$ 48

§ 14. Specielle Behandlung der Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \beta^2\varphi = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 50$$

§ 15. Specielle Behandlung der Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 + a\varphi) + \beta^2\varphi = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 53$$

§ 16. Ueber den wahrscheinlichen Werth von m und die Form der Differentialgleichung 54

Cap. III. Ueber die Bestimmung des logarithmischen Decrementes.

Seite.

§ 17. I. Vorzug des Decrementes σ vor dem Decremente λ 56
§ 18. II. Ueber die Berechnung des logarithmischen Decrementes 60
§ 19. III. Die Scala 63
IV. Gleichzeitige Beobachtung eines Declinatoriums 64
§ 20. V. Bestimmung des Decrementes σ_φ, welches einem gegebenen Φ entspricht 66
VI. Bestimmung von σ_φ, dem Decremente bei unendlich kleinen Schwingungen 67
§ 21. VII. Ueber das logarithmische Decrement bei mehreren dämpfenden Kräften 69
§ 22. VIII. Ueber die Wirkung der Drillung des Aufhängefadens 72

Cap. IV. Ueber die experimentelle Untersuchung der Dämpfer.

§ 23. Erste Methode. Directe Bestimmung der Dämpfungsfunction 73
Methode A 74
Methode B 76
§ 24. Fortsezung der ersten Methode 77
§ 25. Erweiterung der ersten Methode 78
§ 26. Ueber die Veränderlichkeit der Constanten b 80
§ 27. Zweite Methode. Directe Bestimmung der Constanten q_2 85
§ 28. Dritte Methode. Nur bei Drahtdämpfern anwendbar 86
§ 29. Vierte Methode. Directe Bestimmung der Constanten r_2 für Drahtdämpfer 87

Cap. V. Mittheilung der vorläufigen Versuche.

§ 30. Versuche, die im Sommer 1879 an dem Multiplicator Meyerstein ausgeführt wurden 94
§ 31. Versuche, die im Winter 1879—1880 im phys. Cabinet der Akademie an einem Massendämpfer von elliptischer Form ausgeführt wurden 96

Anhang.

Ueber die im Sommer 1880 ausgeführte Untersuchung zweier in Pawlowsk befindlichen Multiplicatoren.

Untersuchung des Multiplicators Meyerstein.

§ 32. Bestimmung der Dämpfungsfunction nach der ersten Methode 100
§ 33. Anwendung der zweiten Methode 102
§ 34. Erklärung der von Herrn Wild aufgefundenen Abweichung zwischen dem richtigen Werthe der absoluten Inclination und dem mit Hülfe des Inductions-Inclinatoriums von Meyerstein bestimmten Werthe derselben Grösse 103
§ 35. Untersuchung der Schwingungszeit als Function der Amplitude 106

Untersuchung des Multiplicators Leyser.

§ 36. Bestimmung der Dämpfungsfunction 108
§ 37. Anwendung der dritten Methode 112
§ 38. Erklärung der von Herrn Wild aufgefundenen Abweichung zwischen dem richtigen Werthe der absoluten Inclination und dem, mit Hülfe des Inductions-Inclinatoriums von Leyser bestimmten Werthe derselben Grösse 114

Uebersicht der hauptsächlichsten in dieser Schrift befindlichen Formeln und Resultate 115
Bemerkung, die Arbeit von Herrn K. Schering betreffend 119

Einleitung.

Bei der theoretischen Untersuchung der Schwingungen von Magneten unter dem Einfluss metallischer Dämpfer geht man aus von der Differentialgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = 0, \quad \text{(a)}$$

wo φ der variabele Ablenkungswinkel, t die Zeit, α und β zwei Constanten sind. Bei den mannigfachen experimentellen Untersuchungen, bei denen man sich der magnetischen Dämpfer bedienen muss, werden Formeln benutzt, welche, aus (a) abgeleitet, nur den Grad von Genauigkeit besitzen, welcher der Grundgleichung (a) selbst zukömmt. Nun giebt aber (a) für den Fall, dass keine Dämpfung vorhanden ist:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \beta^2\varphi = 0, \quad \text{(b)}$$

woraus z. B. für die Schwingungszeit T sich der Werth

$$T = \frac{\pi}{\beta}, \quad \text{(c)}$$

und für die Anfangsgeschwindigkeit v_1 als Function der Elongation C der Werth

$$v_1 = \beta C. \quad \text{(d)}$$

ergeben. Wir wissen aber, dass (c) und (d) Formeln von in vielen Fällen nicht genügender Ge-

nauigkeit sind. In (b) müsste im letzten Gliede statt φ vielmehr $\sin\varphi$ stehen. Statt (c) und (d) pflegt man daher die genaueren Formeln:

und

$$\left.\begin{aligned} T &= \frac{\pi}{\beta}\left(1 + \frac{1}{16}C^2\right) \\ v_1 &= 2\beta \sin\frac{C}{2} = \beta C\left(1 - \frac{1}{24}C^2\right) \end{aligned}\right\} \quad \text{(e)}$$

zu benutzen. Alle aus (a) abgeleiteten Formeln haben keinen grösseren Grad von Genauigkeit, wie (c) und (d) — möglicherweise ist aber die Ungenauigkeit auch bedeutend grösser. Während wir nämlich bei Zugrundelegung der Gleichung (b) genau wissen, welchen Fehler wir begehen und die in (e) angegebenen Correctionen in den meisten Fällen nur sehr gering sind, stehen wir bei Benutzung von (a) einem vollkommen unbekannten Fehler gegenüben, von dessen Werthe man sich bisher nicht einmal annähernd Rechenschaft ablegen konnte. Man ging dabei wohl meistens von der stillschweigenden Voraussetzung aus, dass die Fehler von derselben Ordnung sein dürften, wie in (c) und (d). Zu dieser Voraussetzung hatte man wohl auch ein Recht, solange man annahm dass die dämpfende Kraft bei der Einheit der Geschwindigkeit, deren Mass die Constante α ist, unabhängig war von der momentanen Lage des Magneten d. h. von dem Winkel φ. Doch konnte dies nur bei denjenigen Dämpfern allenfalls zutreffen, die völlig symetrisch sind gegen die Drehungsaxe des Magneten, also z. B. kugelförmigen, cylinderförmigen mit verticaler Axe etc. Die meisten Dämpfer stellen aber Cylinder mit horizontaler Axe dar, deren dämpfende Kraft jedenfalls eine Function von φ ist. Wie konnte man wissen, ob nicht in manchen Fällen ausserordentliche Fehler begangen wurden bei Benutzung der aus (a) folgenden Formeln? Eine schlagende Antwort auf diese Frage ergab die von Herrn Akademiker Wild in Pawlowsk ausgeführte Bestimmung der magnetischen Inclination nach der Weber'schen Multiplicationsmethode unter Benutzung eines Meyersteinschen Inductions-Inclinatoriums, in dessen Multiplikator als Dämpfer bekanntlich der Multiplicatordrath dient. Bei Vergleichung des erhaltenen Resultates mit der Angabe eines Nadel-Inclinatoriums von Dover, bei welchem der wahrscheinliche Fehler einer Bestimmung relativ $\pm$ 0,45′ beträgt, ergab sich ein Unterschied von 15′. Siehe: H. Wild, «Ueber die Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium» (Mémoires de l'Ac. d. Sc. d. St.-Pétersb. VII Série. T. XXVI, № 8, 1878, p. 17).

Weitere Untersuchungen zeigten dann Hrn. Wild, dass diese Differenz nicht etwa als *absoluter Fehler* dem Nadel-Inclinatorium beizumessen sei, sondern dadurch entstand, dass bei der Ausrechnung der Beobachtungen beim Inductions-Inclinatorium Formeln benutzt wurden, welche aus (a) folgten. Es kann also kein Zweifel sein, dass (a) zu Formeln führt, deren Unrichtigkeit in gewissen Fällen viel grösser ist als die der Formeln (c) und (d).

Es entstand so die Nothwendigkeit die Theorie der gedämpften Schwingungen wo

möglich bis zu demselben Grade von Genauigkeit zu entwickeln, welche durch (e) repräsentirt wird.

Die ersten Resultate der, von Herrn Wild angeregten, Untersuchungen, welche dies Ziel im Auge hatten, sind niedergelegt in der Arbeit «Ueber die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden» (Mémoires de l'Ac. Imp. d. Sc. d. Pétersb. VII Série. T. XXVI № 14, 1879). Der eigentliche Hauptinhalt jener Arbeit besteht kurz in Folgendem: Es ist die Regel entwickelt, nach welcher man die Correctionen zu allen möglichen Formeln zu berechnen hat, vorausgesetzt, *dass die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten gegeben* ist.

Als Beispiele sind dann für die beiden Gleichungen

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \quad \text{(f)}$$

und

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1-\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \quad \text{(g)}$$

die Correctionen factisch ausgerechnet worden.

Als nun aber später die numerischen Werthe jener Correctionen bei verschiedener Stärke der Dämpfung berechnet wurden, erwies es sich, dass jene Correctionen nur sehr kleine Grössen seien, die in den allermeisten Fällen kaum durch die Beobachtung nachweisbar sein dürften, dass im Speciellen unter Annahme jener Grundgleichungen der Fehler bei der Bestimmung der magnetischen Inclination nur resp. 1,35″ und 1′28,5″ sein könnte. Die wahre Differentialgleichung der Bewegung musste also jedenfalls grössere additive Glieder enthalten, als (f) und (g). Aber woher nun diese Gleichung finden? In der oben erwähnten Arbeit war ja nur gezeigt worden, wie man die Correctionen auszurechnen hat, wenn die additiven Glieder in der Differentialgleichung gegeben sind. Allenfalls liess sich die allgemeine Form der wahren Gleichung mit einiger Wahrscheinlichkeit errathen und zwar:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 + a\varphi - b\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0. \quad \text{(h)}$$

der numerische Werth der Constanten a und b aber wohl auf keine Weise.

Es entstand nun die Frage, ob sich nicht vielleicht, *ganz ohne Kenntniss der Differentialgleichung*, für die gesuchten Correctionen Ausdrücke von der allerallgemeinsten Form aufstellen liessen? In der That erwies sich dies als möglich. Es zeigte sich, dass in die allgemeinsten Ausdrücke der Correctionsglieder gewisse numerische Constanten p_m, q_m, r_m eingehen, deren Zahl für den Fall, dass der Dämpfer eine verticale Symetrieebene besitzt, sich auf zwei reducirt: q_2 und r_2. — Werden nun diese Constanten durch geeignete Experimentaluntersuchungen empirisch direct bestimmt, so erhält man alle Correctionen, ohne die Differentialgleichung der Bewegung auch nur der Form nach zu kennen. Es liessen sich in der That ohne Mühe geeignete Methoden zur Bestimmung der Constanten aufstellen.

Zugleich ergab sich ein Criterium dafür, ob die Grundgleichung von der Form (h) ist, oder nicht. Um zu zeigen, wie bedeutend die wahre Gleichung von der ursprünglich vorausgesetzten Form (g) sich unterscheiden kann, sei erwähnt, dass für den oben erwähnten Dämpfer in Pawlowsk sich die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 22\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

ergiebt. Für einen anderen, gewöhnlichen, nicht Draht-Dämpfer, wurde die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 1{,}8\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

erhalten.

Hauptinhalt der vorliegenden Arbeit ist es nun die oben erwähnten allgemeinsten Ausdrücke der Correctionsglieder abzuleiten und zu zeigen, auf welche Weise die in denselben auftretenden Constanten empirisch zu bestimmen sind.

Gewissermassen als Neuerung (im Vergleiche mit den in der früheren Arbeit eingeführten Grössen) sei erwähnt, dass aus Gründen, die ausführlich im § 17 niedergelegt sind, fast in allen Endformeln statt wie früher Elongationen, jetzt ganze Schwingungsbögen eingeführt worden sind. Ebenso ist statt des früher allein betrachteten logarithmischen Decrementes λ d. h. des natürlichen Logarithmus des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden Elongationen, jetzt eine neue Grösse σ eingeführt — der natürliche Logarithmus des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden ganzen Schwingungsbögen.

Die in eckigen Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf die Formeln des Aufsatzes «Ueber die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden». Mém. de l'Ac. d. Sc. de St.-Pétersb. VII Série T. XXVI № 14.

Eine besondere Sorgfalt ist auf die Bestimmung derjenigen Beobachtungs- und Rechnungs-Methoden verwandt worden, welche am bequemsten und schnellsten zur vollständigen Kenntniss der Correctionsglieder in allen practisch werthvollen Formeln führt. Sie sind so dargestellt, dass der Experimentator sie bequem benutzen kann ohne den theoretischen Theil durchnehmen zu müssen. Bedenkt man, bei wie zahlreichen Untersuchungen man Dämpfer benutzen muss, so wird man wohl zugeben müssen, dass eine Durchführung der angegebenen Untersuchungsmethoden bei jedem benutzten Dämpfer wohl nothwendig ist um nachher mit Sicherheit von der Grösse der Correctionsglieder und dem Fehler, den man bei etwaiger Vernachlässigung derselben begeht, sich Rechenschaft geben zu können. Selbst bei Massendämpfern, die wir im Folgendem stets den Drahtdämpfern gegenüberstellen werden, bei denen die Correctionen offenbar meist sehr gering sind, würde die Durchführung der Untersuchung zum Mindesten die Beruhigung gewähren, dass die begangenen Fehler wirklich nicht von Belang sind.

Cap. I.

Recapitulation und Erweiterung der früher erhaltenen Resultate.

§ 1.

Uebersicht der hauptsächlichsten in dieser Schrift gebrauchten Bezeichnungen.

In diesem Aufsatze sollen folgende Bezeichnungen eingeführt werden, welche, ausser den neu hinzukommenden, identisch sind mit den in der früheren Arbeit benutzten:

φ der variabele Winkel der magnetischen Axe der Nadel mit deren ursprünglichen Gleichgewichtslage.

t die Zeit als unabhängige Variabele, gerechnet von dem Moment, wo der Dämpfer zum ersten Male die Gleichgewichtslage verlässt.

v_1 die Anfangsgeschwindigkeit bei diesem ersten Verlassen.

$v_2, v_3 \ldots v_n \ldots$ die Geschwindigkeiten, mit welchen der Magnet nach einander die ursprüngliche Gleichgewichtslage passirt.

$\vartheta_1, \vartheta_2, \ldots \vartheta_n \ldots$ die aufeinanderfolgenden Maximumwerthe des Winkels φ; wir nennen sie Elongationen. Sie sind abwechselnd positiv und negativ.

ϑ eine einzelne Elongation für sich allein betrachtet, nicht als Glied einer Reihe.

C die Elongation für den Fall, dass keine Dämpfung vorhanden wäre.

$\Phi_1, \Phi_2 \ldots \Phi_n$ die aufeinanderfolgenden ganzen Schwingungsbögen. Es ist $\Phi_n = \vartheta_n - \vartheta_{n+1}$; daraus folgt, dass auch die Φ_n abwechselnde Vorzeichen haben.

Φ ein einzelner Bogen für sich allein betrachtet, nicht als Glied einer Reihe.

$\tau_1, \tau_2 \ldots \tau_n \ldots$ die Zeiten der grössten Ablenkung; τ_n und ϑ_n entsprechen also einander.

$T_1, T_2 \ldots T_n \ldots$ die aufeinanderfolgenden ganzen Schwingungszeiten, von einem Passiren der Gleichgewichtslage bis zum nächsten gerechnet. Es durchläuft also der Magnet in der Zeit T_n zweimal den Bogen ϑ_n.

$\mathfrak{T}_1 (= T_1), \mathfrak{T}_2 \ldots \mathfrak{T}_n \ldots$ die Zeiten von 1, 2, ... n ganzen Schwingungen. Es ist also $T_n = \mathfrak{T}_n - \mathfrak{T}_{n-1}$. — Zur Zeit $\mathfrak{T}_n$ hat der Magnet die Geschwindigkeit v_{n+1}.

t die Schwingungszeit wenn keine Dämpfung stattfindet.

t_0 dieselbe, reducirt auf unendlich kleine Bögen.

λ der natürliche Logarithmus des Verhältnisses der absoluten Grössen zweier aufeinanderfolgenden Elongationen, stets als Function der ersten von den beiden gedacht, welche mit ϑ bezeichnet wird (s. oben). — Um λ zu finden, hat man $log\left(-\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\right)$ zu bilden, ϑ_2 durch ϑ_1 auszudrücken und dann die Zeichen $(_1)$ wegfallen zu lassen.

σ der natürliche Logarithmus des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden ganzen Bögen, stets als Function des ersten derselben gedacht, welchen wir mit Φ bezeichnen werden (s. oben). — σ_g und λ_g seien die entsprechenden Brigg'schen Logarithmen.

Die Grössen λ und σ sollen im Weiteren stets als «das Decrement λ» oder «das Decrement σ» bezeichnet werden. Für unendlich kleine Schwingungen erhalten beide Grössen einen und denselben Werth, den wir das reducirte Decrement nennen und gewöhnlich durch λ_0 bezeichnen werden, an einigen Stellen aber durch σ_0.

Ausser λ und σ werden später noch zwei andere logarithmische Decremente $\lambda_{c,s}$ und $\lambda_{s,c}$ eingeführt werden, deren Bedeutung hier nicht erörtert werden soll.

Log bedeute stets den Brigg'schen Logarithmus und *log* den natürlichen.

m sei derjenige Factor, mit welchem man einen natürlichen Logarithmus zu multipliciren hat, um einen Brigg'schen zu erhalten; es ist also $Log\ m = 0{,}63778 - 1$.

$\mathfrak{P}$ ein Winkel, den wir im Cap. IV das Azimuth des Dämpfers nennen werden.

Das an sämmtliche Grössen angehängte Zeichen $^{(0)}$ bedeute, dass für die betreffende Grösse der bisher übliche, uncorrigirte Ausdruck zu nehmen ist; z. B. bedeutet $\varphi^{(0)}$ den Ablenkungswinkel als Function der Zeit in der bisher üblichen Form.

Statt (*a*) in der Einleitung setzen wir daher genauer:

$$\frac{d^2\varphi^{(0)}}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi^{(0)}}{dt} + \beta^2\varphi^{(0)} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dann ist

$$\varphi^{(0)} = Ce^{-\alpha t}\sin\varrho t, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

wo

$$\varrho = \sqrt{\beta^2 - \alpha^2} > 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Der obige mit λ_0 bezeichnete Werth des Decrementes für unendlich kleine Bögen ist identisch mit dem bisher für das logarithmische Decrement angenommenen Werthe, d. h.

$$\lambda_0 = \lambda^{(0)} = \frac{\alpha\pi}{\varrho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Ferner ist

$$t_0 = \frac{\pi}{\beta} = \frac{\pi}{\sqrt{\varrho^2 + \alpha^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Hieraus haben wir

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \frac{\pi\lambda_0}{t_0\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} \\ \varrho &= \frac{\pi^2}{t_0\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Wir notiren noch die bekannten Formeln:

$$\tau_n^{(0)} = \frac{1}{\varrho}\left(\operatorname{arctg}\frac{\varrho}{\alpha} + (n-1)\pi\right); \quad \mathfrak{T}_n^{(0)} = \frac{n\pi}{\varrho}; \quad T_n^{(0)} = \frac{\pi}{\varrho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$\theta_n^{(0)} = \frac{(-1)^{n-1}}{\pi} v_1 t_0 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0} - (n-1)\lambda_0} = \theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0} \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

$$v_n^{(0)} = (-1)^{n-1} v_1 e^{-(n-1)\lambda_0} = (-1)^{n-1} \frac{\pi\Theta_1}{t_0} e^{\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0} + (n-1)\lambda_0} \quad \ldots (9)$$

$$v_1 = C\varrho \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9, a)$$

§ 2.

Angabe der Regel, nach welcher die Correctionsglieder zu berechnen sind, wenn die Bewegungsgleichung bekannt ist.

In Cap. III der Arbeit «Ueber die Dämpfung etc» war die folgende Regel entwickelt, welche dazu dient, um sämmtliche Correctionen zu berechnen, wenn die Differentialgleichung gegeben ist.

Letztere lässt sich jedenfalls in die Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = V\left(\varphi, \frac{d\varphi}{dt}, \frac{d^2\varphi}{dt^2}, \ldots\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

bringen, wo V die Gesammtheit der, auf die rechte Seite der Gleichung gebrachten, additiven Glieder bedeutet. Die Form und Anzahl derselben hat keinen Einfluss auf die Regel.

Wir setzen nun in V statt φ in allen Gliedern den Specialwerth $\varphi^{(0)}$ aus (2) und sei die so erhaltene Function von t bezeichnet durch V_0. Es ist also

$$V_0 = V\left(\varphi^{(0)}, \frac{d\varphi^{(0)}}{dt}, \ldots\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

eine vollkommen bekannte Function von t. Wir bilden nun die Hülfsgrösse ψ, s. [10],

$$\psi = \frac{e^{-\alpha t}}{\varrho}\left\{\sin\varrho t \int V_0 e^{\alpha t} \cos\varrho t\, dt - \cos\varrho t \int V_0 e^{\alpha t} \sin\varrho t\, dt\right\} + e^{-\alpha t}\left\{A\cos\varrho t + B\sin\varrho t\right\}, \ldots (12)$$

wo ϱ in (3) gegeben, A und B aus den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} (\psi)_{t=0} &= 0 \\ \left(\frac{d\psi}{dt}\right)_{t=0} &= 0 \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

gefunden wird, s. [18].

Es ist übrigens leicht zu beweisen, dass wenn V_0, wie das wohl meistens ohne Mühe geschehen kann, nach cos und sin der Vielfachen von ϱt zerlegt ist, ψ als ebensolche Reihe auftritt, deren Coefficienten nach bekannter Methode durch Einsetzen in die Differentialgleichung gefunden werden [s. Beispiele § 10 und § 15].

Hat man ψ berechnet, so finden sich alle wichtigen Correctionen aus den beiden Grundformeln:

$$\vartheta_n = \vartheta_n^{(0)} + (\psi)_{t=\frac{1}{\varrho}\left(\operatorname{arctg}\frac{\varrho}{\alpha} + (n-1)\pi\right)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (I)$$

$$v_n = v_n^{(0)} + \left(2\alpha\psi + \frac{d\psi}{dt}\right)_{t=\frac{(n-1)\pi}{\rho}} \quad \text{(II)}$$

.s [31] und [34].

Hier ist für $\theta_n^{(0)}$ und $v_n^{(0)}$ einer der beiden in (8) und in (9) enthaltenen Ausdrücke zu nehmen, je nachdem ob θ_n und v_n als Functionen von θ_1 oder v_1 betrachtet werden. Die Formeln I und II genügen vollständig, um die Correctionen zu allen möglichen Formeln zu entwickeln, die von practischer Bedeutung sein können. Doch merken wir noch die folgenden:

$$T_1 = \frac{\pi}{\rho} + \frac{e^{\frac{\alpha\pi}{\rho}}}{C\rho}(\psi)_{t=\frac{\pi}{\rho}} \quad \text{(III)}$$

$$\mathfrak{T}_n = \frac{n\pi}{\rho} + (-1)^{n-1}\frac{e^{\frac{n\alpha\pi}{\rho}}}{C\rho}(\psi)_{t=\frac{n\pi}{\rho}} \quad \text{(IV)}$$

s. [27] und [28].

Der Winkel φ als Function der Zeit ist, s. [3],

$$\varphi = Ce^{-\alpha t}\sin\rho t + \psi \quad \text{(V)}$$

Durch diese Formel ist die eigentliche Bedeutung der Hülfsgrösse ψ klargestellt.

Ausserdem finden sich noch Formeln für τ_n und T_n in [23] und [29].

Sind die corrigirten Ausdrücke nach dem obigen Schema entwickelt, so enthalten dieselben als Constante die Grössen α und ρ und als Variabele vorläufig C. — Statt α und ρ führen wir nun zuerst die neuen Constanten λ_0 und t_0 ein und zwar vermittelst der Formeln (6). t_0 verschwindet übrigens zuletzt aus allen wichtigen Endformeln.

Statt C kann man als unabhängige Variabele erstens die Anfangsgeschwindigkeit v_1 einführen vermittelst (9, a). Beispiele der so erhaltenen Formeln sind [62], [63] und [76]. Aus I und II erhält man in diesem Falle zwei Ausdrücke von der Form:

$$\theta_n = \frac{(-1)^{n-1}}{\pi} v_1 t_0 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0} - (n-1)\lambda_0} + F_1^{(n)}(v_1) \quad \text{(I a,)}$$

$$v_n = (-1)^{n-1} v_1 e^{-(n-1)\lambda_0} + F_2^{(n)}(v_1) \quad \text{(II, a)}$$

vergl. (8) und (9).

Zweitens lässt sich statt C in alle Formeln die Elongation θ_1 einführen und zwar vermittelst einer Formel, die erst aus I, a zu entwickeln ist, indem darin $n = 1$ angenommen wird. Man erhält $C\rho$ in der Form:

$$v_1 = C\rho = \frac{\pi\theta_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{t_0} + F(\theta_1) \quad \text{(14, a)}$$

s. z. B. [64], [65, e] und [80, e]. Diesen ganzen Ausdruck hat man für C_2 *in die Hauptglieder* der betreffenden zu transformirenden Formeln einzuführen; in die additiven Glieder dagegen hat man nur das erste Glied von C_2 einzusetzen. Beispiele der so erhaltenen Formeln sind [65] und [80]. Aus I und II erhält man in diesem Falle zwei Ausdrücke von der Form:

$$\vartheta_n = \vartheta_1 e^{-(n-1)\lambda_0} + F_3^{(n)}(\vartheta_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(I, b)}$$

$$v_n = (-1)^{n-1} \frac{\pi\Theta_1}{l_0} e^{\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0} - (n-1)\lambda_0} + F_4^{(n)}(\vartheta_1) \quad \ldots\ldots\ldots \text{(II, b)}$$

Vergl. (8) und (9).

§ 3.

Betrachtung der ganzen Schwingungsbögen, der logarithmischen Decremente und der beiden Weber'schen Methoden der Multiplication und Reflexion.

Hat man durch Einführung, zuerst von v_1 dann von ϑ_1, zwei Reihen von Formeln erhalten, so bilde man als nächst wichtige Grösse $\Phi_n = \vartheta_n - \vartheta_{n+1}$ *als Function von* ϑ_1; setzt man $n = 1$, so findet sich Φ_1 und hieraus leicht ϑ_1 *als Function von* Φ_1 und zwar in der Form:

$$\vartheta_1 = \frac{\Phi_1}{1+e^{-\lambda_0}} + F_1(\Phi_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(14, b)}$$

Führt man diesen Ausdruck überall ein, wo ϑ_1 als unabhängige Variabele auftrat, so erhält man eine dritte, die wichtigste Formelreihe mit Φ_1 als unabhängiger Variabelen. Unter den so erhaltenen Formeln heben wir hervor die für v_n und die für Φ_n. Sie sind von der Form

$$v_n = \frac{(-1)^{n-1} \pi\Phi_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0} - (n-1)\lambda_0}}{l_0(1+e^{-\lambda_0})} + F_2(\Phi_1) \quad \ldots\ldots\ldots \text{(14, c)}$$

(Vergleich (9) mit (14, c)) und

$$\Phi_n = (-1)^{n-1} \Phi_1 e^{-(n-1)\lambda_0} + F_3(\Phi_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(14, d)}$$

Nun berechne man σ; dazu dividire man Φ_1 durch Φ_2 aus (14, d), nehme den natürlichen Logarithmus und lasse die Zeichen $_{(1)}$ weg. Man erhält σ in der Form, s. (4),

$$\sigma = \lambda_0 + F_4(\Phi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(14, e)}$$

Auf analoge Weise erhält man die Formel:

$$\lambda = \lambda_0 + F_5(\vartheta) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(14, f)}$$

Nach Aufstellung von (14, c), (14, d) und (14, e) ist es leicht die Correctionen zu allen Formeln zu finden, die etwa von practischer Bedeutung sein könnten. Beispiele:

Zur Vergleichung zweier momentaner Stösse dient (14, c), wenn darin $n = 1$ gesetzt wird.

Die Ruhelage x unter dem Einflusse eines constanten Stromes wird aus der ersten beobachteten Elongation θ gefunden, indem in (14, b) x statt θ_1 und θ statt Φ_1 gesetzt wird.

Benutzt man die Weber'sche *Multiplicationsmethode*, so erhält man die zuletzt constant gewordene Anfangsgeschwindigkeit v_∞ als Function der durch den ersten Stoss hervorgerufenen Anfangsgeschwindigkeit v_1 leicht auf Grund folgender Ueberlegung. Bei jedem Durchgang wird die Geschwindigkeit v_1 zugefügt und doch jedesmal wieder derselbe Werth v_∞ erhalten. Daraus folgt, dass der Geschwindigkeitsverlust bei jeder Schwingung gleich v_1 ist. — Nun berechnen wir nach II, a die Grösse $v_1 + v_2$ und setzen darin statt v_1 das Zeichen v_∞, so muss die erhaltene Differenz gleich v_1 sein, d. h.

$$v_\infty - v_\infty e^{-\lambda_0} + F_2^{(3)}(v_\infty) = v_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14, g)$$

Setzt man in I, a zuerst $n = 1$ und dann statt v_1 den aus (14, g) gefundenen Ausdruck von v_∞ als Function von v_1, so erhält man den halben constant gewordenen Schwingungsbogen θ_∞ als Function der Anfangsgeschwindigkeit v_1. Hieraus finden wir endlich v_1 als Function von θ_∞, welche Formel zum Vergleich zweier Werthe von v_1 bei *beobachteten* entsprechenden zwei Werthen von θ_∞ direct gebraucht werden kann. Auch alle sonstigen, etwa nothwendig werdenden Formeln werden sich ohne Mühe entwickeln lassen wenn I a, II a, I b, II b, (14, c), (14, d) und (14, e) gefunden sind.

Benutzt man dagegen die *Weber'sche Reflexionsmethode*, so lässt sich das Verhältniss zweier momentaner Stösse J und J' auf die folgende allgemeine Weise berechnen. Es sei φ_r die grössere und ψ_r die kleinere von den beiden constant gewordenen Elongationen. Die erstere, φ_r, wird bekanntlich erhalten indem man die Hälfte desjenigen Schwingungsbogens Φ_r nimmt, welcher durch die beiden von der Ruhelage entfernteren Umkehrpuncte markirt wird; ebenso ist ψ_r die Hälfte desjenigen Schwingungsbogens Ψ_r, welcher durch die beiden, der Ruhelage näheren Umkehrpuncte markirt wird. Sei ferner

$$\lambda_r = log \frac{\varphi_r}{\psi_r} = log \frac{\Phi_r}{\Psi_r},$$

v_r die durch einen einzelnen Stoss erzeugte Anfangsgeschwindigkeit und v_1 diejenige Geschwindigkeit, mit welcher der Magnet im Moment, wo er die Ruhelage passirt, zurückgeworfen wird; es ist also v_1 diejenige Anfangsgeschwindigkeit auf welche die Elongation φ_r folgt. Nach dieser Elongation geht der Magnet durch die Ruhelage durch und erreicht nach der entgegengesetzten Seite die Elongation ψ_r. Daraus folgt bereits sofort, dass φ_r und ψ_r genau in demselben Verhältniss zu einander stehen, wie θ_1 und θ_2 und daraus folgt, dass λ_r als Function von φ_r identisch ist mit λ als Function von θ_1 s. (14, f), d. h. es ist

$$\lambda_r = log\frac{\varphi_r}{\psi_r} = log\frac{\Phi_r}{\Psi_r} = \lambda = \lambda_0 + F_5(\varphi_r) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (14, h)$$

Das bei der Reflexionsmethode, nach der von Weber gegebenen Regel gefundene logarithmische Decrement ist identisch mit dem oben (14, f) *als* λ *bezeichneten Decremente.*

Sehr leicht ist es ferner die Gleichung zu finden, welche v_r mit v_1 und dann auch mit φ_r und ψ_r verbindet. — Nach der Anfangsgeschwindigkeit v_1 folgt die Elongation φ_r, dann die Durchgangsgeschwindigkeit v_2 und die Elongation ψ_r. Beim darauf folgenden Erreichen der Ruhelage hat der Magnet die Geschwindigkeit v_3. In diesem Moment wird ihm die Geschwindigkeit — v_r ertheilt, wodurch er, abgesehen vom Vorzeichen die frühere Geschwindigkeit v_1 erhält. Es ist also

$$v_3 - v_r = - v_1$$

oder nach (II, a)

$$v_r = v_1 (1 + e^{-2\lambda_0}) + F_2^{(3)}(v_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14, i)$$

Drückt man nun v_1 durch φ_r oder ψ_r aus (wobei nach dem Obigen für φ_r und ψ_r einfach die Formeln für θ_1 und θ_2 zu nehmen sind) so erhält man zwei Ausdrücke von der Form

$$\left.\begin{aligned} v_r &= \frac{\varphi_r (1 + e^{-2\lambda_0})}{\gamma}\left\{1 + F_6(\varphi_r)\right\}, \\ v_r &= \frac{\psi_r (1 + e^{-2\lambda_0}) e^{\lambda_0}}{\gamma}\left\{1 + F_7(\psi_r)\right\}, \text{ wo} \\ \gamma &= \frac{t_0}{\pi} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (14, k)$$

Lässt man in den ersten beiden Formeln die zweiten Glieder rechter Seite weg, so erhält man die Weber'schen Formeln (Electrod. Massbestimmungen II, p. 353). — Weber bestimmt nun die Bögen φ_r und ψ_r als Functionen von v_r; bildet hierauf die Grösse

$$\frac{\varphi_r^2 + \psi_r^2}{\varphi_r \psi_r}$$

und drückt v_r durch diesen Bruch aus, welcher somit direct als Mass der Stosskraft J auftritt. Dieser Weg ist bei Zugrundelegung der genaueren Formeln (14, k) nicht wohl durchzuführen. Vielmehr scheint es rathsam als Mass der Stosskraft direct entweder den Bogen φ_r oder den Bogen ψ_r anzunehmen. Bestimmt man das Verhältniss zweier Kräfte J und J', so erhält man für dasselbe zwei von einander gleichsam unabhängige Ausdrücke von der Form:

$$\left.\begin{aligned} \frac{J}{J'} &= \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}\left\{1 + F_6(\varphi_r) - F_6(\varphi'_r)\right\}, \\ \frac{J}{J'} &= \frac{\psi_r}{\psi'_r}\left\{1 + F_7(\psi_r) - F_7(\psi'_r)\right\}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (14, l)$$

Diese beiden Formeln geben übrigens absolut identische Werthe für das Verhältniss $\frac{J}{J'}$ wenn die in den Formeln enthaltene Grösse λ_0 aus λ_r und φ_r oder aus λ'_r und φ'_r nach der aus (14, h) folgenden Formel

$$\lambda_0 = \lambda_r - F_5(\varphi_r, \lambda_r) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14, \mathrm{m})$$

berechnet wurde und in beiden Fällen nur wenig verschiedene Werthe λ_0 gefunden wurden, was wohl stets der Fall sein dürfte, wenn nur die beiden Messungen hintereinander gemacht worden sind.

§ 4.

Recapitulation der wichtigsten Formeln für den ersten früher betrachteten Specialfall.

In «Ueber die Dämpfung etc.» waren beispielsweise für zwei specielle Formen der Differentialgleichung die sämmtlichen Rechnungen durchgeführt, die Correctionen berechnet.

Im Cap. III war es die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi - \frac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Die in dieser Gleichung angebrachte Correction (Näherbringung von φ dem genauen Werthe sin φ) unterscheidet sich von allen anderen möglichen Correctionen dadurch, dass sie unzweifelhaft, in allen Fällen nothwendig ist. *Beobachtet* man also bei [illegible]nd einem Dämpfer Abweichungen von den nach der bisherigen Theorie nothwendigen Verhältnissen, so hat man von denselben zuerst die aus (15) folgenden Abweichungen abzuziehen und erst den Rest anderweitigen Ursachen zuzuschreiben.

Von den l. c. ausgerechneten Formeln müssen wir hier einige wiederholen um später die absoluten Grössen der betreffenden Correctionen auszurechnen.

Wir hatten gefunden:

$$\vartheta_1 = \vartheta_1^{(0)}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2\left[(11\pi^2 + 23\lambda_0^2)\, e^{-2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} - 3(\pi^2 + \lambda_0^2\right]}{48\,\pi^2(4\pi^2 + \lambda_0^2)}\right\} \quad \ldots\ldots (16, \mathrm{a})$$

$$v_2 = v_2^{(0)}\left\{1 - \frac{v_1 t_0^2 (1 - e^{-2\lambda_0})(\pi^2 + \lambda_0^2)}{16\,\pi^2(4\pi^2 + \lambda_0^2)}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16, \mathrm{b})$$

$$T_1 = T_1^{(0)}\left\{1 + \frac{\Theta_1^2 (1 - e^{-2\lambda_0})(\pi^2 + \lambda_0^2)\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{8\,\lambda_0(4\pi^2 + \lambda_0^2)}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16, \mathrm{c})$$

s. l. c. [63, b], [63, c] und [65, a].

Wir wollen nun zu diesen noch mehrere neue Formeln durch Einführung der Schwingungsbögen Φ, nach der § 3 enthaltenen Vorschrift, hinzufügen.

Wir hatten, l. c. [65, d]

$$\theta_n = (-1)^{n-1}\theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 - \frac{\Theta_1^2 (11\pi^2 + 23\lambda_0^2)(1 - e^{-2(n-1)\lambda_0})}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)}\right\} \ldots \textbf{(16, d)}$$

Berechnet man hieraus $\Phi_n = \theta_n - \theta_{n+1}$, so erhält man

$$\Phi_n = (-1)^{n-1}\theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0})\left\{1 - \frac{\Theta_1^2 (11\pi^2 + 23\lambda_0^2)\left[1 - (1 - e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})e^{-2(n-1)\lambda_0}\right]}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)}\right\} \textbf{(16, e)}$$

Setzt man $n = 1$, so findet sich durch Umkehrung

$$\theta_1 = \frac{\Phi_1}{1 + e^{-\lambda_0}}\left\{1 + \frac{\Phi_1^2 (11\pi^2 + 23\lambda_0^2) e^{-\lambda_0}(1 - e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)(1 + e^{-\lambda_0})^2}\right\} \ldots\ldots\ldots \textbf{(16, f)}$$

Dieser Ausdruck, statt θ_1 eingesetzt, giebt eine neue Reihe von Formeln mit der unabhängigen Variabelen Φ_1.

Wir bemerken von diesen nur zwei. Erstens setzen wir (16, f) in die Formel [65, f], welche uns v_n als Function von θ_1 gab und erhalten:

$$\left.\begin{aligned} v_n &= \frac{(-1)^{n-1}\pi\Phi_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0} + (n-1)\lambda_0}}{t_0(1 + e^{-\lambda_0})}\left\{1 - E_n\Phi_1^2\right\} \\ E_n &= \frac{(11\pi^2 + 23\lambda_0^2)(1 - e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0}) - 3(\pi^2 + \lambda_0^2)\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0} - 2(n-1)\lambda_0}}{48(1 + e^{-\lambda_0})^2(4\pi^2 + \lambda_0^2)} \end{aligned}\right\} \ldots . \textbf{(16, g)}$$

Zweitens setzen wir (16, f) in (16, e) und erhalten:

$$\Phi_n = (-1)^{n-1}\Phi_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 - \frac{\Phi_1^2 (11\pi^2 + 23\lambda_0^2)(1 + e^{-3\lambda_0})(1 - e^{-2(n-1)\lambda_0})}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)(1 + e^{-\lambda_0})^3}\right\} \textbf{(16, h)}$$

Mit Hülfe dieser Formel berechnen wir nun das logarithmische Decrement σ nach der § 3 vor der Formel (14, e) enthaltenen Regel. Sofort erhält man

$$\sigma = \lambda_0 + \frac{(11\pi^2 + 23\lambda_0^2)(1 + e^{-3\lambda_0})(1 - e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)(1 + e^{-\lambda_0})^2}\Phi^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(16, i)}$$

Die Ruhelage x unter Einwirkung eines *constanten* Stromes findet sich aus der beobachteten ersten Elongation θ, wenn man in (16, f) x statt θ_1 und θ statt Φ_1 setzt:

$$x = \frac{\Theta}{1 + e^{-\lambda_0}}\left\{1 + \frac{\Theta^2 (11\pi^2 + 23\lambda_0^2) e^{-\lambda_0}(1 - e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)(1 + e^{-\lambda_0})^2}\right\} \ldots\ldots\ldots \textbf{(16, k)}$$

Will man die Stärken zweier momentanen Stösse J_1 und J_{11} vergleichen, indem man die ersten Bögen Φ_1 und Φ_{11} beobachtet, so hat man dazu eine Formel zu benutzen, welche direct aus (16, g) folgt, wenn darin $n = 1$ gesetzt wird. Man hat also

$$\frac{J_1}{J_{11}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 - (\Phi_1^2 - \Phi_{11}^2)\, E_1\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16, l)$$

$E_1 =$ siehe (16, g).

Endlich wollen wir eine Correctionsformel bei Benutzung der Weber'schen Multiplicationsmethode aufstellen. Entsprechend der in (14, g) enthaltenen Vorschrift, berechnen wir v_∞ aus (16, b) als Function der durch einen einzelnen Stoss erzeugten Anfangsgeschwindigkeit v_1. — Setzen wir v_∞ in (16, a) statt v_1, so erhalten wir θ_∞, woraus durch Umkehrung v_1 als Function des constant gewordenen halben Schwingungsbogens θ_∞ gefunden wird. Seien J und J' zwei zu vergleichende momentane Stosskräfte und θ_∞ und θ'_∞ die entsprechenden halben Bögen, so ist

$$\left.\begin{aligned} \frac{J}{J'} &= \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - (\theta^2{}_\infty - \theta'^2{}_\infty)\,\varrho\right\} \\ \varrho &= \frac{11\,\pi^2 + 23\,\lambda_0{}^2 - 3\,(\pi^2 + \lambda_0{}^2)\,(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{48\,(4\,\pi^2 + \lambda_0{}^2)} \end{aligned}\right\} \ldots (16, m)$$

In der früheren Arbeit ist die Reflexionsmethode gar nicht betrachtet worden. Es wäre nach der § 3 angegebenen Methode ein Leichtes die auf diese Methode bezüglichen Formeln für den hier betrachteten Fall der Gleichung (15) aufzustellen; doch unterlassen wir dies und zwar aus folgendem Grunde. Wir stellen hier Formeln zusammen, um die absoluten Grössen der Correctionsglieder weiter unten zu berechnen und, wo es möglich ist, die nach den verbesserten Formeln erhaltenen Grössen mit den früher beobachteten und nach den alten Formeln berechneten zu vergleichen. Nun sind aber die § 3, wenn auch nur schematisch angedeuteten Formeln (14, l) von ganz anderer Form, als die bisher gebrauchten, von Weber angegebenen. Ein Vergleichen ist daher überhaupt gar nicht möglich; ganz anders bei der Multiplicationsmethode, wo die neue Formel sich von der alten nur durch ein additives Glied unterscheidet.

§ 5.

Ausrechnung der Zahlenwerthe der Correctionsglieder für den ersten früher betrachteten Specialfall.

Wir wollen es nun versuchen uns von den im § 3 und § 4 angegebenen Correctionsgrössen ein möglichst anschauliches Bild zu schaffen und zu diesem Zwecke die numerischen Werthe derselben berechnen. Man begreift leicht, dass dies nur möglich ist unter Voraussetzung gewisser quantitativ gegebener äusserer Verhältnisse. Diese nun werden in erster Reihe bedingt durch die Grösse der dämpfenden Kraft d. h. des reducirten Decrementes λ_0. Für dieses wollen wir drei Werthe annehmen:

$$\lambda_0 = \quad 0{,}35 \qquad 0{,}7 \qquad 1{,}4 \ldots\ldots\ldots (17, a)$$

und ausser diesen noch zuweilen die Grenzwerthe $\lambda_0 = 0$ und $\lambda_0 = \infty$ mit in Betracht ziehen.

Im ersten der drei obigen Fälle ist jeder folgende Schwingungsbogen etwa $^5/_7$, im zweiten etwa $^1/_2$ und im dritten etwa $^1/_4$ des vorhergehenden. In den allermeisten practisch vorkommenden Fällen dürfte λ_0 wohl zwischen den obigen drei Werthen liegen. Im ersten Falle kann man wohl 10 aufeinanderfolgende Schwingungen beobachten; im zweiten Falle nicht mehr als 5 und zwar entsprechen die Bögen etwa 750,375,190, 95 und 47 Scalentheilen wenn die ganze Scale 1000 Theile enthält und die erste Elongation das eine Ende derselben, erreichte. Im dritten Falle kann man nicht mehr als 3 Bögen beobachten.

Die sämmtlichen Correctionen wachsen mit der Grösse der Elongation θ_1 oder, wenn man will, der Anfangsgeschwindigkeit v_1. — Wir wollen nun die Correctionen für den Fall berechnen, dass

$$\theta_1 = 4^0\ 30' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17,\ b)$$

ist. Bei abwesendem Dämpfer wäre also der Schwingungsbogen 9°, ein Werth der wohl nicht häufig überschritten werden dürfte. — In denjenigen Formeln, in welchen v_1 als gegeben vorkommt, nehmen wir als unabhängige Variabele die Grösse

$$\frac{v_1 t_0}{\pi} = \theta_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17,\ c)$$

und ertheilen derselben diejenigen Werthe, welche nach dieser Formel dem obigen $\theta_1 = 4^0\,30'$ entsprechen. Wir erhalten auf diese Weise (entsprechend der obigen Reihe für λ_0):

$$\frac{v_1 t_0}{\pi} = 0{,}092408 \qquad 0{,}10614 \qquad 0{,}12969 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17,\ d)$$

Man begreift wohl ohne Weiteres, dass diesen Werthen von $\frac{v_1 t_0}{\pi}$ nur nach der *nicht corrigirten* Formel $\theta_1 = 4^\circ\ 30'$ entspricht.

Für die dritte Variabele Φ_1 oder einfach Φ nehmen wir ebenfalls Werthe, welche $\theta_1 = 4^0\ 30'$, wenn auch nicht absolut genau, entsprechen und berechnen dieselben nach der Formel

$$\Phi_1 = \theta_1 (1 + e^{-\lambda_0}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17,\ e)$$

Dies giebt:

$$\Phi_1 = 0{,}13388 \qquad 0{,}11754 \qquad 0{,}09791 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17,\ f)$$

In einigen Fällen wird es interessant sein die Correctionsgrösse in Scalentheilen ausgedrückt zu sehen, um bestimmen zu können ob dieselbe innerhalb oder ausserhalb der unvermeidlichen Beobachtungsfehler liegt. Dazu wollen wir die weitere Annahme machen,

dass die Entfernung E von Scala und Spiegel gleich 4000 Scalentheilen sei. — Die Correction Δs des Scalenwerthes einer Elongation findet sich auf folgende Weise:

$$\frac{s}{E} = \frac{s}{4000} = tg\ 2\,\theta_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(17, g)}$$

also

$$\Delta s = \frac{8000\,\Delta\theta_1}{\cos^2 2\theta_1}$$

oder

$$\Delta s = 8200{,}7\,\Delta\theta_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(17, h)}$$

und

$$Lg\,\Delta s = Lg\,\frac{\Delta\theta_1}{\theta_1} + 2{,}808935 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(17, i)}$$

Auf Grundlage der hier angegebenen quantitativen Verhältnisse sollen nun die Correctionen zu 16, a, b, c, h, i, k, l und m berechnet werden.

I. Formel (*16, a*). Kann kurz geschrieben werden:

$$\theta_1 = \theta_1^0\left(1 + \xi\,\frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\right).$$

Wir berechnen zuerst für die drei λ_0 die Werthe von ξ, dann die Grössen

$$\xi\,\frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2};$$

sodann $\Delta\theta_1$ und endlich Δs. Wir erhalten so die folgende Tabelle:

$\lambda_0 =$	0	0,35	0,7	1,4	∞	
$\xi =$	0,041667	0,026557	0,018004	0,008333	0,00235	
$\xi\,\frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2} =$	0,000257	0,000227	0,000203	0,000140	0,000107	**(18, a)**
$\Delta\theta_1 =$	4,16″	3,7″	3,2″	2,2″	1,7″	
$\Delta s =$	0,16	0,14	0,12	0,09	0,07	

Die vorletzte Zeile zeigt, wieviel die Correction der ersten Elongation beträgt, wenn die *gegebene* Anfangsgeschwindigkeit jedesmal so gewählt wird, dass die dadurch erzeugte Elongation nahe 4° 30′ ist. — Wir sehen, dass *bei vorhandener Dämpfung diese Correctionen kleiner sind, als bei nicht vorhandener*. Die letzte Reihe zeigt endlich, dass die Correctionsgrössen knapp an der Grenze der Beobachtungsfehler liegen, da 0,1 Scalentheil bei den angenommenen ungünstigen Bedingungen nicht ganz leicht mit völliger Sicherheit zu beobachten ist. Da $\Delta\theta_1$ proportional θ_1^3 ist, so sieht man ein, dass bei Winkeln, die kleiner als 4° sind, die Fehler zu vernachlässigen sind. Was die Berechnung der obigen Zahlen betrifft, so sei noch hinzugefügt, dass für

$$\lambda_0 = 0 \qquad \frac{v_1 t_0}{\pi} = \vartheta_1$$

$$\lambda_0 = \infty \qquad \frac{v_1 t_0}{\pi} = \vartheta_1 e$$

ist und dass $\Delta\vartheta_1 = \vartheta_1 \xi \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}$ gesetzt wurde.

II. Formel (*16, b*). Kann kurz geschrieben werden:

$$v_2 = v_2^{(0)} \left\{1 - \beta \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\right\}$$

Es ist

$\lambda =$	0	0,35	0,7	1,4	∞
$\beta =$	0	0,00794	0,01221	0,01676	0,06250
$\beta \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2} =$	0	0,0000678	0,0001159	0,0002818	0,002849

. . . (**18, b**)

Hier zeigt die letzte Reihe, um welchen Bruchtheil ihrerselbst die Geschwindigkeit v_2 beim ersten Durchgehen durch die ursprüngliche Gleichgewichtslage zu corrigiren ist, wenn jedesmal die Anfangsgeschwindigkeit so gewählt wird, dass die erste Elongation 4° 30′ ist. Die $\lambda_0 = \infty$ entsprechenden Zahlen haben natürlich nur den Sinn von Grenzwerthen, da für $\lambda_0 = \infty$ eigentlich gar kein v_2 existirt.

III. Formel (*16, c*). Kann geschrieben werden:

$$T_1 = T_1^{(0)} (1 + \eta\vartheta_1^2).$$

η berechnet sich leicht, wenn β gefunden ist, wovon man sich durch Vergleich von (16, b) und (16, c) überzeugt.

Es ist:

$\lambda_0 =$	0	0,35	0,7	1,4	∞
$\eta = \frac{1}{16} =$	0,0625	0,0628	0,0637	0,0653	0
$\eta\vartheta_1^2 =$	0,000385	0,000387	0,000393	0,000403	0

. . . (**18, c**)

Die Correctionen der Schwingungszeit sind so gut wie unabhängig von der Grösse der Dämpfung innerhalb der practisch möglichen Werthe des Decrementes.

IV. Formel (*16, i*). Kann geschrieben werden:

$$\sigma = \lambda_0 + \gamma\Phi^2 = \lambda_0 + \Delta\lambda_0$$

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4
$\gamma =$	0,008417	0,01577	0,03801
$\gamma\Phi^2 = \Delta\lambda_0 =$	0,00015	0,00022	0,00036

. . . . . (**18, d**)

Die letzte Reihe zeigt, dass das, einer ersten Elongation von 4,5° entsprechende, Decrement σ sich von dem, für unendlich kleine Schwingungen geltenden, λ_0 nur um wenige Einheiten in der 4ten Decimalstelle unterscheidet.

V. Formel (*16*, *h*). Kann geschrieben werden:

$$\Phi_2 = -\Phi_1 e^{-\lambda_0}\{1 - \gamma\Phi_1^2\},$$

wo γ identisch mit dem unter IV soeben betrachteten γ. Es ist die Correctionsgrösse:

$$\Delta\Phi_2 = \Phi_1 e^{-\lambda_0}\gamma\Phi^2_1 = \Phi_2\,\Delta\lambda_0.$$

Wir berechnen $\Delta\Phi_2$ zuerst in Secunden und dann, unter den oben besprochenen Voraussetzungen, in Scalentheilen als Δs.

λ_0 =	0,35	0,7	1,4	
Φ_2 =	0,09435	0,05837	0,02414	.....(18, e)
$\Delta\Phi_2$ =	3″	2,7″	1,8″	
Δs =	0,12	0,10	0,07	

Die Correctionsglieder liegen für $\theta = 4{,}5°$ fast innerhalb der Beobachtungsfehler. Für kleineres θ sind sie zu vernachlässigen.

VI. Formel (*16*, *k*). Kann geschrieben werden:

$$x = \frac{\theta}{1 + e^{-\lambda_0}}\left\{1 + \mu\theta^2\right\}.$$

Man erhält in allen drei Fällen ungefähr:

$$\mu\theta^2 = 0{,}00005; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18, f)$$

so klein ist also der *relative* Fehler bei der Bestimmung von x aus dem beobachteten θ nach der uncorrigirten Formel.

VII. Formel (*16*, *l*). Kann geschrieben werden:

$$\frac{J_1}{J_{11}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 - (\Phi_1^2 - \Phi_{11}^2)\,\varepsilon\right\}$$

Es ist

λ_0 =	0,35	0,7	1,4	∞	.....(18, g)
E_1 =	0,008455	0,010496	0,009169	0,01739	

Die Unregelmässigkeit des Verlaufes von E_1 erklärt sich aus der überaus complicirten Form dieser Grösse. Für E_1 $(\Phi_1^2 - \Phi_{11}^2)$ erhält man in allen Fällen weniger als 0,00013;

der Fehler, den man durch Weglassung der Correctionsgrösse begeht, ist also stets ein sehr kleiner.

VIII. Formel (*16, m*). Kann geschrieben werden:

$\lambda_0 =$	0	0,35	0,7	1,4	∞
$\varrho =$	0,01042	0,01054	0,01089	0,01217	0,01732

$$\varrho\theta^2_\infty = 0{,}00006, \quad \text{(18, h)}$$

wenn $\theta_\infty = 4{,}5^\circ$ angenommen wird. Der wahre relative Fehler ist, wie man sieht, noch kleiner — also wohl in allen Fällen zu vernachlässigen.

Um Letzteres noch mehr in's Auge springen zu lassen, wollen wir annehmen, dass man in St. Petersburg vermittelst eines Inductions-Inclinatoriums die Inclination i bestimmen will und es sei der nichtcorrigirte Werth von

$$i = 70^\circ\ 40'.$$

Es ist also

$$\frac{\theta_\infty}{\theta'_\infty} = tg\, i = tg\ 70^\circ\ 40' = 2{,}8502.$$

Ferner haben wir

$$\theta^2_\infty - \theta'^2_\infty = \theta^2_\infty\,(1 - \operatorname{cotg}^2 i).$$

Die Correctionsgrösse ist

$$\Delta\ \operatorname{tg} i = \frac{\theta_\infty}{\theta'_\infty}\,(\theta^2_\infty - \theta'^2_\infty)\,\varrho$$

d. h.

$$\Delta\ \operatorname{tg} i = \operatorname{tg} i\,(1 - \operatorname{cotg}^2 i)\,\varrho\,\theta^2_\infty$$

und endlich hieraus, da $\Delta\, i = \cos^2 i \cdot \Delta\ \operatorname{tg} i$ ist,

$$\Delta\, i = \operatorname{sini}\operatorname{cosi}\,(1 - \operatorname{cotg}^2 i)\,\varrho\theta^2_\infty = -\cos 2\, i \cdot \operatorname{cotg} i \cdot \varrho\theta^2_\infty,$$

also für St. Petersburg

$$\Delta i = 0{,}27395\ \varrho\,\theta^2_\infty. \quad \text{(18, i)}$$

Ist nun der, der verticalen Componente entsprechende Ausschlag $\theta_\infty = 4{,}5^\circ$, so kann für $\varrho\theta^2_\infty$ der oben gefundene Werth 0,00006 gesetzt werden und dies giebt

$$\Delta i = 3{,}4''. \quad \text{(18, k)}$$

eine Grösse, die wohl zehn Mal geringer ist als der Beobachtungsfehler bei den besten Inclinationsbestimmungen mit dem Nadelinclinatorium.

Die sämmtlichen in diesem Paragraph ausgerechneten Grössen zeigen, dass durch die in (15) eingeführte Correction der Differentialgleichung nur äusserst geringe, nur in

wenigen Fällen zu beobachtende Veränderungen der Grössen entstehen, welche bei Experimentaluntersuchungen in Betracht kommen. In den meisten Fällen ist die Correction geringer als die Beobachtungsfehler. *Daraus folgt, dass wenn in irgend einem speciellen Falle grössere Abweichungen, als die in diesem Paragraph berechneten, gefunden werden, z. B. Veränderlichkeit des Decrementes σ von mehr als drei Einheiten in der vierten Decimalstelle, so ist dies nicht als eine Wirkung des letzten Gliedes in der Gleichung (15) zu betrachten, sondern als ein Beweis dafür anzusehen, dass die Bewegung des betreffenden Magneten durch eine Differentialgleichung bestimmt wird, die mehr additive Glieder hat als (15).*

§ 6.

Recapitulation der wichtigsten Formeln für den zweiten früher betrachteten Specialfall.

Ausser der Gleichung (15) ist in «Ueber die Dämpfung etc.» noch im Cap. IV die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1-\varphi^2) + \beta^2\varphi - \frac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

s. [68, a], näher untersucht und die Form der Correctionsglieder berechnet worden. Es erschien diese Gleichung als die wahrscheinlichste für den Fall, dass als Dämpfer der Drath eines Multiplicators dient. Ist die Kraft mit der ein Strom in diesem Drath auf den abgelenkten Magnet wirkt proportional $\cos\varphi$, so muss die dämpfende Kraft proportional $\cos^2\varphi$ oder ungefähr $1-\varphi^2$ sein.

Von den l. c. ausgerechneten Formeln wiederholen wir hier einige und zwar:

$$\Theta_1^{(\omega)} = \Theta_1^{(0)}\left\{1 + \frac{v_1^2\left[21(\pi^2+\lambda_0^2) - (13\pi^2+145\lambda_0^2)e^{-2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\lambda_0^2}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)\pi^2}\right\} \ldots\ldots\ldots (20, \mathbf{a})$$

$$v_2 = v_2^{(0)}\left\{1 + \frac{7v_1^2\lambda_0^2(\pi^2+\lambda_0^2)(1-e^{-2\lambda_0})}{16\pi^2(4\pi^2+\lambda_0^2)}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (20, \mathbf{b})$$

$$T_1 = T_1^{(0)}\left\{1 + \frac{\Theta_1^2(\pi^2-5\lambda_0^2)(1-e^{-2\lambda_0})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{8\lambda_0(4\pi^2+\lambda_0^2)}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (20, \mathbf{c})$$

l. c. [76, d], [76, f], [80, a].

Durch Einführung der Schwingungsbögen Φ_n erhalten wir noch einige Formeln. Wir hatten, l. c. [80, d]:

$$\Theta_n = (-1)^{n-1}\Theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 + \frac{\Theta_1^2(13\pi^2+145\lambda_0^2)(1-e^{-2(n-1)\lambda_0})}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)}\right\} \ldots\ldots (20, \mathbf{d})$$

Berechnet man hieraus $\Phi_n = \theta_n - \theta_{n+1}$, so erhält man

$$\Phi_n = (-1)^{n-1}\theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}(1+e^{-\lambda_0})\left\{1 + \frac{\Theta_1^2(13\pi^2+145\lambda_0^2)e^{-\lambda_0}\left[1-(1-e^{-\lambda_0}+e^{-2\lambda_0})e^{-2(n-1)\lambda_0}\right]}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)}\right\} \quad (20, e)$$

Setzt man hier $n = 1$, so findet sich durch Umkehrung

$$\Theta_1 = \frac{\Phi_1}{1+e^{-\lambda_0}}\left\{1 - \frac{\Phi_1^2(13\pi^2+145\lambda_0^2)e^{-\lambda_0}(1-e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)(1+e^{-\lambda_0})^2}\right\} \quad (20, f)$$

Dieser Ausdruck statt θ_1 eingesetzt, giebt eine neue Reihe von Formeln mit der unabhängigen Variabelen Φ_1. Wir merken von diesen nur zwei. Erstens setzen wir (20, f) in [80, f], welche uns v_n als Function von ϑ_1 gab und erhalten

$$\left.\begin{aligned} v_n &= \frac{(-1)^{n-1}\pi\Phi_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}-(n-1)\lambda_0}}{t_0(1+e^{-\lambda_0})}\left\{1 + \alpha'_n\Phi_1^2\right\} \\ \alpha'_n &= \frac{(13\pi^2+145\lambda_0^2)(1-e^{-\lambda_0}+e^{-2\lambda_0})-7(\pi^2+\lambda_0^2)e^{-2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}-2(n-1)\lambda_0}}{48(1-e^{-\lambda_0})^3(4\pi^2+\lambda_0^2)} \end{aligned}\right\} \quad (20, g)$$

Zweitens setzen wir (20, f) in (20, e) und erhalten

$$\Phi_n = (-1)^{n-1}\Phi_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 + \frac{\Phi_1^2(13\pi^2+145\lambda_0^2)(1+e^{-2\lambda_0})(1-e^{-2(n-1)\lambda_0})}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)(1+e^{-\lambda_0})^2}\right\} \quad (20, h)$$

Dieser Ausdruck giebt uns sofort das Decrement σ, wenn wir $log\left(-\frac{\Phi_1}{\Phi_2}\right)$ berechnen und das Zeichen $_{(1)}$ fortlassen. Wir erhalten so:

$$\sigma = \lambda_0 - \frac{(13\pi^2+145\lambda_0^2)(1+e^{-\lambda_0})(1-e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)(1+e^{-\lambda_0})^2}\Phi^2 \quad (20, i)$$

Die Ruhelage x unter Einwirkung eines constanten Stromes erhalten wir aus der beobachteten ersten Elongation θ, wenn wir in (20, f) x statt θ_1 und θ statt Φ_1 setzen:

$$x = \frac{\Theta}{1+e^{-\lambda_0}}\left\{1 - \frac{\Theta^2(13\pi^2+145\lambda_0^2)e^{-\lambda_0}(1-e^{-\lambda_0})}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)(1+e^{-\lambda_0})^2}\right\}, \quad (20, k)$$

vergl. [83].

Vergleicht man zwei momentane Stösse J_1 und J_{11} indem man jedesmal die ersten ganzen Bögen Φ_1 und Φ_{11} misst, so hat man eine Formel zu benutzen, die aus (20, g) folgt, wenn darin $n = 1$ gesetzt wird. Man hat also:

$$\left.\begin{aligned} \frac{J_1}{J_{11}} &= \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 + (\Phi_1^2 - \Phi_2^2)\alpha'_1\right\} \\ \alpha'_1 &= \text{siehe (20, g).} \end{aligned}\right\} \quad (20, l)$$

Was endlich die Correctionsformel bei Benutzung der Weber'schen Multiplicationsmethode betrifft, so ist dieselbe für den hier betrachteten Fall bereits in der früheren Arbeit entwickelt und zwar l. c. [88]:

$$\left.\begin{aligned} \frac{J}{J'} &= \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 + (\Theta^2_\infty - \Theta'^2_\infty)\,\varrho'\right\} \\ \varrho' &= \frac{13\pi^2+145\lambda_0{}^2-7(\pi^2+\lambda_0{}^2)(1+e^{-\lambda_0}+e^{-\gamma_0})\,e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{48(4\pi^2+\lambda_0{}^2)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(20, m)}$$

Auch hier unterlassen wir es, die zur Reflexionsmethode gehörigen Formeln anzuführen und zwar aus demselben Grunde, welcher bereits Ende des § 4 angegeben war.

§ 7.

Ausrechnung der Zahlenwerthe der Correctionsglieder für den zweiten früher betrachteten Specialfall.

Wir wollen nun unter denselben Bedingungen, wie im § 5, die numerischen Werthe der im vorigen Paragraph gefundenen Correctionen berechnen. Wie dort möge λ_0 die Werthe (17, a) haben; $\vartheta_1 = 4{,}5°$; $\frac{v_1 t_0}{\pi}$ findet sich entsprechend in (17, d), Φ_1 in (17, f), Δs aus (17, h) oder (17, i).

I. Formel (20, a). Kann geschrieben werden:

$$\theta_1 = \theta_1{}^{(0)}\left(1 + \xi'\frac{v_1{}^2 t_0{}^2}{\pi^2}\right)$$

Es ist:

$\lambda_0 =$	0	0,35	0,7	1,4	∞	
$\xi' =$	0,041667	0,054879	0,057020	0,082751	0,0287	
$\xi'\frac{v_1{}^2 t_0{}^2}{\pi^2} =$	0,000257	0,0004686	0,0006424	0,001392	0,001308	**(21, a)**
$\Delta\theta' =$	4,16″	7,6″	10,3″	22″	21″	
$\Delta s =$	0,16	0,29	0,41	0,88	0,83	

Vergleicht man diese Zahlen mit den in (18, a) gefundenen, so sieht man erstens, dass $\Delta\theta_1$ hier mit wachsender Dämpfung steigt, während es dort sank. Die Zahlen der letzten Reihe zeigen deutlich, dass es sich bereits um Correctionen handelt, die, unter den in Betracht gezogenen Umständen durch 0,8 Scalentheile gleichsam repräsentirt, durchaus nicht vernachlässigt werden dürfen.

II. Formel (20, b). Kann geschrieben werden:

$$v_2 = v_2{}^{(0)}\left\{1 + \beta'\frac{v_1{}^2 t_0{}^2}{\pi^2}\right\}$$

$\beta' = 7\beta$; vergl. (18, b).

$\lambda_0 =$	0	0,35	0,7	1,4	∞
$\beta' =$	0	0,05557	0,08543	0,1173	0,4375
$\frac{\beta' v_1^2 t_0^2}{\pi^2} =$	0	0,000476	0,000711	0,001973	0,020023

(21, b)

Die relative Grösse der Correctionen ist durchgängig 7 Mal grösser als in (18, b); sie erreicht 0,1 % bei den practisch üblichen Graden von Dämpfung.

III. Formel (*20, c*). Kann geschrieben werden:

$$T_1 = T_1^{(0)}(1 + \eta_1 \theta_1^2)$$

$\eta_1 = \frac{\pi^2 - 5\lambda_0^2}{\pi^2 + \lambda_0^2}\eta$; vergl. (18, c).

Wir erhalten:

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4
$\eta' =$	0,058594	0,045615	0,0003846
$\eta' \theta_1^2 =$	0,0003614	0,0002814	0,00000237

... (21, c)

Die relative Veränderung der Schwingungsdauer ist in diesem Falle *geringer* als in (18, c). Für $\lambda_0 = 1{,}4$ ist sie äusserst klein; dies kommt daher, dass für

$$\lambda_0 = \frac{\pi}{\sqrt{5}} = 1{,}40496$$

das Correctionsglied zu Null und die Schwingung in hohem Grade isochron wird. [Vergl. l. c. pag. 34, Satz E.]

IV. Formel (*20, i*). Kann geschrieben werden:

$$\sigma = \lambda_0 - \gamma' \Phi^2 = \lambda_0 - \Delta\lambda_0$$

$\gamma' = \frac{13\pi^2 + 145\lambda_0^2}{11\pi^2 + 23\lambda_0^2}\gamma$; vergl. (18, d).

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4
$\gamma' =$	0,01104	0,02622	0,10205
$\gamma' \Phi^2 = \Delta\lambda_0 =$	0,000198	0,000362	0,000978

.....(21, d)

Die letzte Reihe zeigt, dass der Unterschied zwischen dem Decrement σ, wenn die Elongation 4,5° ist und dem Decrement bei unendlich kleinen Schwingungen bei starker Dämpfung bereits durch den Versuch nachweisbar wird.

V. Formel (*20 h*). Kann geschrieben werden:

$$\Phi_2 = -\Phi_1 e^{-\lambda_0}(1 + \gamma'\Phi_1^2)$$

$$\Delta\Phi_2 = \Phi_1 e^{-\lambda_0}\Delta\lambda_0 = \Phi_2\Delta\lambda_0$$

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4	(21, e)
$\Phi_2 =$	0,09435	0,05837	0,02414	
$\Delta\Phi_2 =$	3,6″	4,1″	4,6″	
$\Delta s =$	0,15	0,17	0,19	

Die Correctionsgrössen liegen zwar für den betrachteten Fall ausserhalb der Beobachtungsfehler; ist aber die erste Elongation θ_1 kleiner als 3,6° so liegen sie innerhalb derselben.

VI. Formel (*20 k*). Kann geschrieben werden:

$$x = \frac{\Theta}{1 + e^{-\lambda_0}}\left(1 - \mu'\Theta^2\right)$$

$$\mu' = \frac{13\pi^2 + 145\lambda_0^2}{11\pi^2 + 23\lambda_0^2}\,\mu\text{; vergl. (16, k)}$$

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4	(21, f)
$\mu' =$	0,009381	0,011598	0,024794	
$\mu'\Theta^2 =$	0,0000592	0,0000732	0,000156	

Der relative Fehler bei der Berechnung der Ruhelage x ist zwar grösser, als in (18, f), aber doch zu vernachlässigen.

VII. Formel (*20, l*). Kann geschrieben werden:

$$\frac{J_1}{J_{11}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 - \Phi_1^2 - (\Phi^2{}_{11})\alpha'_1\right\}$$

Der relative Fehler $(\Phi^2{}_1 - \Phi^3{}_{11})\alpha'_1$ hängt ab von der Grösse des Unterschiedes zwischen Φ_1 und Φ_{11}. Jedenfalls ist er kleiner als $\alpha'_1\Phi^3{}_1$, welche Grösse ausgerechnet ist:

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4	(21, g)
$\alpha'_1 =$	0,03165	0,05303	0,11047	
$\alpha'_1\Phi^2{}_1 =$	0,000567	0,000733	0,00106	

Der Fehler ist zwar klein, aber vielleicht nicht in allen Fällen zu vernachlässigen.

VIII. Formel (*20, m*). Kann geschrieben werden:

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - (\theta^2{}_\infty - \theta'{}_\infty)\wp'\right\}$$

$\lambda_0 =$	0,35	0,7	1,4
$\wp' =$	0,2595	0,2571	0,2482

$$\wp' \theta_1^2 = 0{,}0016\ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (21, \mathfrak{h})$$

Der Fehler ist recht bedeutend, etwa 27 Mal grösser, als in (18, h).

Nehmen wir wiederum an, wir wollten in St. Petersburg die magnetische Inclination bestimmen. Den Fehler finden wir sofort durch Combination von (18, i) und (21, h); er ist

$$\Delta i = 1',5 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (21, \mathfrak{k})$$

eine Grösse, die wohl drei Mal grösser ist als der Beobachtungsfehler bei den besten Inclinationsbestimmungen mit dem Nadelinclinatorium.

Die in diesem Paragraph ausgerechneten Zahlengrössen zeigen, dass die in (19) eingeführte Correction der Differentialgleichung in vielen Fällen *wohl zu beobachtende* Correctionen derjenigen Grössen mit sich führt, welche bei Experimentaluntersuchungen in Betracht kommen.

Cap. II.

Entwickelung der allgemeinsten Form der Correctionsglieder bei Unkenntniss der Differentialgleichung der Bewegung des Magneten.

§ 8.

Entwickelung der allgemeinsten Form der, in die Formeln I, II, III, IV und V eingehenden, Hülfsgrössen (ψ *und Specialwerthe von* ψ *und* $\frac{d\psi}{d\vartheta}$).

Sowohl in der früheren Arbeit «Ueber die Dämpfung etc» als auch hier im Cap. I lag allen Berechnungen stets die Annahme zu Grunde, *dass die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten gegeben sei.* Ist dies der Fall, so findet sich im vorigen Capitel die ausführlichste Anweisung, wie man die Correctionsglieder zu berechnen habe nebst Anwendung auf zwei specielle Fälle.

Es entsteht aber nun die Frage: wo soll die Differentialgleichung hergenommen, auf welche Weise dieselbe errathen werden? Dass (19) eine, in manchen Fällen Nichts weniger

als richtige Form ist, sieht man aus (21, k); bei einer Maximumelongation von 4°,5, hervorgerufen durch die verticale Componente des Erdmagnetismus, würde in St. Petersburg bei Bestimmung der magnetischen Inclination ein Fehler von nur 1,5 Minuten entstehen können. Als Herr Wild in Pawlowsk mit dem Meyerstein'schen Inclinator die magnetische Inclination bestimmte, war die betreffende Elongation nur etwa 3°,1. Wir sehen nun aber aus (18, i), dass der Fehler proportional dem Quadrat jener Elongation ist; unter Zugrundelegung von (19) hätte also der Fehler bei den Versuchen in Pawlowsk nur etwa

0,7 Minuten

sein können. Statt dessen erwies er sich als gleich 15 Minuten! Die Differentialgleichung der Bewegung jenes Magnetes konnte also unmöglich von der Form (19) sein. Ein Errathen der wahren Gleichung ist unmöglich.

So tauchte denn die Frage auf, ob es nicht vielleicht möglich sein würde, ohne für die Differentialgleichung eine bestimmte Form anzusetzen, ganz allgemeine und doch brauchbare Ausdrücke für die Correctionsglieder aufzustellen? Von vorn herein musste einleuchten, dass in diese Ausdrücke jedenfalls eine gewisse Anzahl von unbestimmten numerischen Constanten eingehen würden. Sollte es sich dann als möglich erweisen auf experimentellem Wege die Werthe derselben zu bestimmen, so würden dadurch offenbar die sämmtlichen Correctionsglieder bekannt werden. Es erwies sich nun, dass dieser Weg in der That durchführbar sei und dass die Zahl der unbestimmten numerischen Constanten für den Fall, dass der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt, was wohl meist der Fall ist, sich auf *zwei* reducirt.

Welches auch die wahre Differentialgleichung sei, jedenfalls können wir sie uns in die Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = V\left(\varphi, \frac{d\varphi}{dt}, \frac{d^2\varphi}{dt^2}, \cdots\right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

s. (10), gebracht denken, wo, wie früher, V die Gesammtheit der, auf die rechte Seite der Gleichung gebrachten, additiven Glieder bedeutet. Welches nun auch die Form und Anzahl dieser Glieder sein möge, jedenfalls können wir uns die sämmtlichen Glieder in Gruppen getheilt denken, deren jede aus Gliedern einer bestimmten Ordnung besteht. Sei m diese Ordnung, so würden die Glieder der betreffenden Gruppe von der Form

$$A\varphi^p\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^q\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right)^r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (22, \mathbf{a})$$

sein, wo $p + q + r + \ldots = m$ ist. Da die Glieder erster Ordnung bereits in der Gleichung stecken, so würde der kleinste Werth von m gleich 2 sein. Die entsprechende Gruppe additiver Glieder wäre also:

$$a\varphi^2 + b\varphi\frac{d\varphi}{dt} + c\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + e\varphi\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \cdots\cdots;$$

die Gruppe von der Ordnung $m = 3$ wäre ebenso:

$$a'\varphi^3 + b'\varphi^2\frac{d\varphi}{dt} + c'\varphi\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + e'\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^3 + f'\varphi^2\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \ldots .$$

Wie schon in der ersten Arbeit erwähnt war und wie es ja auch direct aus (12) folgt, kann man die, durch jede Gruppe additiver Glieder hervorgerufenen, Correctionen *gesondert* berechnen; die wahren Correctionen sind dann gleich der Summe der so erhaltenen Einzelwerthe. *Wir greifen also aus der Gesammtheit der additiven Glieder die Gruppe von der Ordnung m heraus und berechnen die dieser Gruppe entsprechenden Correctionen.* Es besteht in diesem Falle, da wir die übrigen Gruppen als garnicht vorhanden betrachten, V aus Gliedern von der Form (22, a), wo $p + q + r + \ldots = m$ ist. Wir halten uns genau an die § 2 gegebene Regel und berechnen daher vor Allem V_0, welches erhalten wird, wenn in V statt φ der Specialwerth $\varphi_0 = Ce^{-\alpha t}\sin\varrho t$ eingesetzt wird. Obwohl wir nun Nichts wissen von der Anzahl und Form der in V enthaltenen Glieder, so genügt doch der Umstand, dass dieselben von der m^{ten} Ordnung sind, um einzusehen, dass V_0 ein Conglomerat von Gliedern sein muss, sämmtlich von der Form

$$BC^m e^{-m\alpha t}\sin^p\varrho t\cos^{m-p}\varrho t,$$

wo B die Constanten α und ϱ enthält und p Null oder eine beliebige ganze positive Zahl, aber nicht grösser als m, sein kann. Nun ist aber bei *geradem* p:

$$\sin^p\varrho t\cos^{m-p}\varrho t = a\cos m\varrho t + b\cos(m-2)\varrho t + c\cos(m-4)\varrho t + \ldots .$$

und bei *ungeradem* p:

$$\sin^p\varrho t\cos^{m-p}\varrho t = a'\sin m\varrho t + b'\sin(m-2)\varrho t + c'\sin(m-4)\varrho t + \ldots ;$$

beide Reihenformen bleiben gültig, unabhängig davon ob m gerade oder ungerade ist. Es ist also unzweifelhaft V_0 stets von der Form:

$$V_0 = C^m e^{-m\alpha t}\left\{\begin{array}{l} A'_m\cos m\varrho t + A'_{m-2}\cos(m-2)\varrho t + A'_{m-4}\cos(m-4)\varrho t + \ldots + \\ + B'_m\sin m\varrho t + B'_{m-2}\sin(m-2)\varrho t + B'_{m-4}\sin(m-4)\varrho t + \ldots \end{array}\right\} \quad (23,\ \text{a})$$

Die Hülfsgrösse ψ ist das Integral der Differentialgleichung

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\psi}{dt} + \beta^2\psi = V_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23,\ \text{b})$$

s. [7]. — Das Integral ist seiner Form nach vollkommen identisch mit V_0 und unterscheidet sich von demselben nur durch die numerischen Werthe der Coefficienten und die letzten zwei additiven Glieder. Es ist also die wichtige Hülfsgrösse ψ von der Form

$$\psi = C^m e^{-m\alpha t}\left\{\begin{array}{l} A_m \cos m\varrho t + A_{m-2}\cos(m-2)\varrho t + A_{m-4}\cos(m-4)\varrho t + \ldots \\ + B_m \sin m\varrho t + B_{m-2}\sin(m-2)\varrho t + B_{m-4}\sin(m-4)\varrho t + \ldots \\ + e^{-\alpha t}(A\cos\varrho t + B\sin\varrho t). \end{array}\right\} \quad (23, c)$$

Wegen der letzten zwei Glieder vergleiche (12).

Welches die Abhängigkeit der Grössen A_k und B_k von den Grösson A'_k und B'_k ist, muss uns ganz gleichgültig sein, da es uns ja nur auf *die Form* der Ausdrücke ankommt. Unzweifelhaft ist die Abhängigkeit eine im höchsten Grade verwickelte; sie wird gefunden durch Einsetzen von (23, a) und (23, c) in (23, b). Die Integrationsconstanten A und B finden sich aus den beiden Bedingungen (13).

Die erste giebt

$$C^m\{A_m + A_{m-2} + A_{m-4} + \ldots\} + A = 0;$$

also

$$A = -C^m\{A_m + A_{m-2} + A_{m-4} + \ldots\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (24, a)$$

Die zweite Bedingung giebt:

$$C^m\left\{\begin{array}{l} m\varrho B_m + (m-2)\varrho B_{m-2} + (m-4)\varrho B_{m-4} + \ldots \\ - m\alpha A_m - m\alpha A_{m-2} - m\alpha A_{m-4} - \ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} + B\varrho - \alpha A = 0.$$

Setzt man hier für A seinen Werth (24, a), so erhält man:

$$B = \frac{\alpha(m-1)[A_m + A_{m-2} + \ldots] - \varrho[mB_m + (m-2)B_{m-2} + \ldots]}{\varrho} C^m \ldots\ldots (24, b)$$

(24, a) und (24, b) in (23, c) eingesetzt, giebt den Werth von ψ. — Man sieht leicht ein, dass sowohl bei geradem als auch bei ungeradem m die Anzahl der in ψ enthaltenen unbestimmten Constanten $m + 1$ ist.

Um die Gleichungen I und II aufstellen zu können, haben wir gewisse Specialwerthe von ψ und $\frac{d\psi}{dt}$ zu berechnen. Wir führen nun folgende verkürzte Bezeichnungen ein:

$$\left.\begin{array}{l} p'_{m-1} = A_m + A_{m-2} + A_{m-4} + \ldots \\ q'_{m-1} = \left[\begin{array}{l} A_m \cos m\varrho t + A_{m-2}\cos(m-2)\varrho t + A_{m-4}\cos(m-4)\varrho t + \ldots \\ + B_m \sin m\varrho t + B_{m-2}\sin(m-2)\varrho t + B_{m-4}\sin(m-4)\varrho t + \ldots \end{array}\right]_{t=\frac{1}{\varrho}\operatorname{arctg}\frac{\varrho}{\alpha}} \\ r'_{m-1} = \alpha(m-2)\{A_m + A_{m-2} + A_{m-4} + \ldots\} - \varrho\{mB_m + (m-2)B_{m-2} + (m-4)B_{m-4} + \ldots\}. \end{array}\right\} (25)$$

Diese neuen drei Constanten sind ebenso unbekannt, wie die A_k und B_k; für unsere Zwecke genügt es aber zu wissen, dass dieselben Constante, dass sie von t unabhängig sind. Der Grund, weshalb wir an diese Constanten unten als Ordnungszeichen $m-1$ und nicht m setzen, wird aus dem Späteren einleuchten.

Zuerst berechnen wir (s. § 2, Formel II) den Specialwerth von ψ für $t = \frac{n\pi}{\rho}$. — Die Formeln (23, c) und (24, a) geben uns

$$(\psi)_{t=\frac{n\pi}{\rho}} = (-1)^{mn} C^m e^{-\frac{mn\alpha\pi}{\rho}} \left\{ A_m + A_{m-2} + A_{m-4} + \ldots \right\} +$$
$$+ (-1)^n C^m e^{-\frac{n\alpha\pi}{\rho}} \left\{ -A_m - A_{m-2} - A_{m-4} - \ldots \right\}$$

Bei Einführung von p'_{m-1}, s. (25), erhalten wir

$$(-1)^{n-1} (\psi)_{t=\frac{n\pi}{\rho}} = C^m e^{-\frac{n\alpha\pi}{\rho}} p'_{m-1} \left\{ 1 - (-1)^{n(m-1)} e^{-\frac{(m-1)n\alpha\pi}{\rho}} \right\} \ldots\ldots\ldots (26, \mathbf{a})$$

Ferner haben wir (s. § 2, Formel I) den Werth von ψ für $t = \frac{1}{\rho}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha} + (n-1)\pi\right\}$ zu berechnen. Setzen wir dies in (23, c), so erhält das erste Glied den Factor $(-1)^{m(n-1)}$, das zweite den Factor $(-1)^{(m-2)(n-1)}$ u. s. w. Alle diese Factoren sind aber unter einander gleich, so dass wir den ersten unter ihnen als allen gemeinschaftlich annehmen können. Wir erhalten:

$$\left.\begin{aligned}(\psi)_{t=\frac{1}{\rho}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha}+(n-1)\pi\right\}} &= (-1)^{m(n-1)} C^m q'_{m-1} e^{-\frac{m\alpha}{\rho}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha}+(n-1)\pi\right\}} + \\ &+ \frac{(-1)^{n-1} C^m r'_{m-1} e^{-\frac{\alpha}{\rho}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha}+(n-1)\pi\right\}}}{\sqrt{\rho^2+\alpha^2}},\end{aligned}\right\} \ldots. (26, \mathbf{b})$$

wo q'_{m-1} und r'_{m-1} in (25) gegeben sind.

Endlich haben wir noch (s. § 2, Formel II) den Specialwerth von $\frac{d\psi}{dt}$ für $t = \frac{n\pi}{\rho}$ zu finden. Es ist:

$$\left(\frac{d\psi}{dt}\right)_{t=\frac{n\pi}{\rho}} = (-1)^n C^m e^{-\frac{n\alpha\pi}{\rho}} (r'_{m-1} + 2\alpha p'_{m-1}) \left\{ 1 - (-1)^{n(m-1)} e^{-\frac{2n\alpha\pi(m-1)}{\rho}} \right\} \ldots (26, \mathbf{c})$$

Da in den drei Ausdrücken (26, a), (26, b) und (26, c) nur drei unbestimmte Constante vorkommen, aus diesen Ausdrücken aber die Correctionsglieder zu allen Formeln abzuleiten sind, so folgt, dass jede Gruppe additiver Glieder in der Differentialgleichung gleichsam die Ursache ist, dass in den Correctionsgliedern der practisch wichtigen Formeln drei unbestimmte Constante auftreten — gleichgültig von welcher Ordnung die Gruppe sei und

aus wie vielen Gliedern sie bestehe. Ein äusserst glücklicher Zufall ist es nun, dass in allen wirklich wichtigen Formeln die eine Constante sich wegkürzt, so das nur zwei Constanten übrig bleiben. Wir werden weiter sehen, dass wenn der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene hat, er immer so aufgestellt werden kann, dass überhaupt nur eine Gruppe zu betrachten ist (und zwar $m = 3$). In diesem Falle ist die Zahl der Constanten in den practisch wichtigen Formeln überhaupt gleich zwei.

§ 9.

Entwickelung der allgemeinsten Form der Correctionsglieder in den Ausdrücken für θ_n, v_n, T_n, Φ_n, *u. s. w.*

Formel I, § 2 giebt uns mit Hülfe von (26, b):

$$\left.\begin{aligned}\theta_n = \theta^{(0)}{}_n + \frac{(-1)^{n-1} C^m e^{-\left\{\frac{\alpha}{\rho}\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha} + (n-1)\pi\right\}}}{\sqrt{\alpha^2+\rho^2}} \cdot \\ \cdot \left\{ r'_{m-1} + (-1)^{(m-1)(n-1)} q'_{m-1} \sqrt{\alpha^2+\rho^2}\, e^{-\frac{(m-1)\alpha}{\rho}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\rho}{\alpha} + (n-1)\pi\right\}} \right\}\end{aligned}\right\} \ldots\ldots (27, \text{a})$$

Ebenso erhalten wir aus II mit Hülfe von (26, a) und (26, c)

$$v_n = v^{(0)}{}_n + (-1)^{n-1} C^m e^{-\frac{(n-1)\alpha\pi}{\rho}} r'_{m-1} \left\{ 1 - (-1)^{(m-1)(n-1)} e^{-\frac{(m-1)(n-1)\alpha\pi}{\rho}} \right\} \ldots (27, \text{b})$$

wo sich glücklicherweise die Constante p'_{m-1} weggekürzt hat.

Von nur ganz geringer practischer Wichtigkeit sind die Formeln III und IV für die Schwingungszeiten. Sie ergeben für die Zeit einer Schwingung:

$$T_1 = \frac{\pi}{\rho} + \frac{C^{m-1}}{\rho} p'_{m-1} \left\{ 1 - (-1)^{m-1} e^{-\frac{(m-1)\alpha\pi}{\rho}} \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (27, \text{c})$$

Für die Gesammtheit T_n der ersten n Schwingungen erhalten wir ebenso:

$$\mathfrak{T}_n = \frac{n\pi}{\rho} + \frac{C^{m-1}}{\rho} p'_{m-1} \left\{ 1 - (-1)^{n(m-1)} e^{-\frac{(m-1)n\alpha\pi}{\rho}} \right\} \ldots\ldots\ldots (27, \text{d})$$

Die dritte Constante p'_{m-1} ist, wie wir sehen, wesentlich characteristisch für diejenigen Formeln, durch welche Schwingungszeiten definirt werden.

Früher hatten wir auf gewisse Bedingungen hingewiesen, welchen die erhaltenen Formeln logischerweise genügen müssen [l. c. § 9]. Wir hatten erwähnt, dass, damit jene Bedingungen erfüllt werden, durchaus das additive Glied in v_n und der erste, von n unab-

hängige Theil des additiven Gliedes in ϑ_n denselben Zahlencoefficienten haben müssen [l. c. am Ende von § 17]. — Jener Coefficient ist $-\frac{1}{16}$ in (16, a) und (16, b), oder besser in [63, b] und [63, c]; er ist gleich $+\frac{7}{16}$ in (20, a) und (20, b) oder besser in [76, e] und [76, f]. Wir sehen nun, dass in (27, a) und (27, b) jene Bedingung auch erfüllt ist, da an den beiden betreffenden Stellen der Ausdruck r'_{m-1} steht.

Wir fahren nun fort in der Weiterentwickelung der Formeln nach dem im § 2 dargelegten Schema. Statt α und ϱ führen wir vermittelst (6) die Grössen λ_0 und t_0 ein; ferner zuerst statt C vermittelst (9, a) die Anfangsgeschwindigkeit v_1 als unabhängige Variabele ein.

Zu gleicher Zeit führen wir als neue Abkürzung die drei Grössen p_{m-1}, q_{m-1}, r_{m-1} ein und zwar sei:

$$\left.\begin{aligned} p_{m-1} &= \frac{\sqrt{(\alpha^2+\varrho^2)^{m-1}}}{\varrho^{m-1}}\, p'_{m-1} \\ q_{m-1} &= \frac{\sqrt{(\alpha^2+\varrho^2)^{m}}}{\varrho^{m}}\, q'_{m-1} \\ r_{m-1} &= \frac{\sqrt{(\alpha^2+\varrho^2)^{m-1}}}{\varrho^{m}}\, r'_{m-1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (28)$$

So erhalten wir statt der Formeln (27) zuerst die folgenden:

$$\vartheta_n = \vartheta_n^{(0)}\left\{1+\frac{v_1^{m-1}t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\left[r_{m-1}+(-1)^{(n-1)(m-1)}q_{m-1}\,e^{-\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}+(n-1)\pi\right\}}\right]\right\} \ldots (29, \mathrm{a})$$

$$v_n = v_n^{(0)}\left\{1+\frac{v_1^{m-1}t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\, r_{m-1}\left[1-(-1)^{(m-1)(n-1)}e^{-(m-1)(n-1)\lambda_0}\right]\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (29, \mathrm{b})$$

$$T_1 = \frac{t_0\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\pi}\left\{1+\frac{v_1^{m-1}t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\, p_{m-1}\left[1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right]\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (29, \mathrm{c})$$

$$\mathfrak{T}_n = \frac{n t_0\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\pi}\left\{1+\frac{v_1^{m-1}t_0^{m-1}}{n\pi^{m-1}}\, p_{m-1}\left[1-(-1)^{n(m-1)}e^{-n(m-1)\lambda_0}\right]\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (29, \mathrm{d})$$

Hier sind, entsprechend (I, a) und (II, a) im § 2, für $\vartheta_n^{(0)}$ und $v_n^{(0)}$ die ersten Ausdrücke von (8) und (9) zu setzen.

Eine zweite Formelreihe findet sich, wenn in (27) statt C die erste Elongation ϑ_1 als unabhängige Variabele eingeführt wird. Wir setzen zu diesem Zwecke zuerst in (29, a) $n = 1$ und erhalten so:

$$C\varrho = v_1 = \frac{\vartheta_1 \pi e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\lambda_0}{\pi}}}{t_0}\left\{1-\vartheta_1^{m-1}\left[q_{m-1}+r_{m-1}e^{-\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\}$$

Diesen ganzen Ausdruck haben wir in die Hauptglieder von (29, a) und (29, b) zu setzen; in die additiven Glieder dagegen nur das Hauptglied. So erhalten wir:

$$\vartheta_n = (-1)^{n-1}\vartheta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1-\vartheta_1^{m-1}q_{m-1}\left[1-(-1)^{(n-1)(m-1)}e^{-(m-1)(n-1)\lambda_0}\right]\right\}\ldots \textbf{(30, a)}$$

$$v_n = v_n^{(0)}\left\{1-\vartheta_1^{m-1}\left[q_{m-1}+(-1)^{(m-1)(n-1)}r_{m-1}e^{\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}+(n-1)\pi\right\}}\right]\right\}\ldots\ldots\ldots \textbf{(30, b)}$$

$$T_1 = \frac{t_0\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\pi}\left\{1+\vartheta_1^{m-1}e^{\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}p_{m-1}\left[1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right]\right\}\ldots\ldots\ldots \textbf{(30, c)}$$

$$\mathfrak{T}_n = \frac{nt_0\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\pi}\left\{1+\frac{\vartheta_1^{m-1}e^{\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{n}p_{m-1}\left[1-(-1)^{n(m-1)}e^{-n(m-1)\lambda_0}\right]\right\}\ldots\ldots \textbf{(30, d)}$$

Hier ist für $v_n^{(0)}$ der zweite Ausdruck (9) zu setzen.

Die Formeln (29) und (30) stellen die allgemeinsten Ausdrücke für die Correctionsglieder dar, welche hervorgerufen werden durch die Gesammtheit der additiven Glieder m^{ter} Ordnung in der Differentialgleichung. In letzterer können nun aber Glieder verschiedener Ordnungen von $m = 2$ an vorkommen. Die absolut allgemeinsten Formeln erhält man also, wenn man in (29) und (30) vor die zweiten Glieder in den Klammern $\{\}$ das Zeichen $\sum_{m=2}^{m=\infty}$ setzt. Schwerlich dürfte es je nothwendig sein, weiter als bis $m = 4$ zu gehen.

Wir berechnen nun, unter Zugrundelegung von (29) und (30) weitere Formeln und zwar zunächst eine für $\Phi_n = \vartheta_n - \vartheta_{n-1}$. (30, a) giebt

$$\Phi_n = (-1)^n\vartheta_1(1+e^{-\lambda_0})e^{-(n-1)\lambda_0}\cdot$$
$$\cdot\left\{1-\vartheta_1^{m-1}q_{m-1}\left[1-(-1)^{(n-1)(m-1)}\frac{1+(-1)^{m-1}e^{-m\lambda_0}}{1+e^{-\lambda_0}}e^{-(m-1)(n-1)\lambda_0}\right]\right\}$$

Setzen wir hier $n = 1$ und bestimmen hieraus ϑ_1, so erhalten wir:

$$\vartheta_1 = \frac{\Phi_1}{1+e^{-\lambda_0}}\left\{1+\frac{\Phi_1^{m-1}q_{m-1}\left[1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right]e^{-\lambda_0}}{t_0(1+e^{-\lambda_0})^m}\right\}\ldots. \textbf{(31, a)}$$

Setzen wir dies für ϑ_1 in die Formeln (30) und in die obige Formel für Φ_n, so erhalten wir eine dritte Reihe von Formeln mit der unabhängigen Variabelen Φ_1. — Wir bemerken von diesen nur zwei:

$$v_n = \frac{(-1)^{n-1}\pi\Phi_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}+(n-1)\pi\right\}}}{t_0(1+e^{-\lambda_0})}\left\{1-\alpha_n\Phi_1^2\right\}$$

$$\alpha_n = \frac{1}{(1+e^{-\lambda_0})^m=1}\left[q_{m-1}\frac{1+(-1)^{m-1}e^{-m\lambda}}{1+e^{-\lambda_0}}+(-1)^{(m-1)(n-1)}r_{m-1}e^{\frac{(m-1)\lambda_0}{\pi}\left\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}+(n-1)\pi\right\}}\right] \Bigg\} \quad (31, b)$$

welches aus (30, b) und (31, a) erhalten wird und

$$\Phi_n = (-1)^{n-1}\Phi_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1-\frac{\Phi_1^{m-1}q_{m-1}[1+(-1)^{m-1}e^{-m\lambda_0}][1-(-1)^{(m-1)(n-1)}e^{-(m-1)(n-1)\lambda_0}]}{(1+e^{-\lambda_0})^m}\right\} \quad (31, c)$$

Wir gehen nun über zur Berechnung der beiden logarithmischen Decremente λ und σ.

Setzen wir zuerst in (30, a) $n = 2$, so erhalten wir nach der Formel $\lambda = lg\left(-\frac{\Theta_1}{\Theta_2}\right)$:

$$\lambda = \lambda_0 + \Theta^{m-1}q_{m-1}\left\{1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right\} \quad (32, a)$$

Setzen wir ebenso in (31, c) $n = 2$, so erhalten wir nach der Formel $\sigma = lg\left(-\frac{\Phi_1}{\Phi_2}\right)$:

$$\sigma = \lambda_0 + \Phi^{m-1}q_{m-1}\frac{[1+(-1)^{m-1}e^{-m\lambda_0}][1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}]}{(1+e^{-\lambda_0})^m} \quad (32, b)$$

Wie früher haben wir auch in (32, a) und (32, b) das Zeichen $_{(1)}$ bei den unabhängigen Variabelen weggelassen.

Sehr wichtig ist zu bemerken, dass sowohl in (32, a) als auch in (32, b) im additiven Gliede ohne Weiteres statt λ_0 die Grösse λ oder σ eingesetzt werden kann. Die zweite jener Gleichungen würde also z. B. geben:

$$\lambda_0 = \sigma - \Phi^{m-1}q_{m-1}\frac{[1+(-1)^{m-1}e^{-m\sigma}][1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\sigma}]}{(1+e^{-\sigma})^m} \quad (32, c)$$

Nach dem bereits oben Bemerkten erhält man die allgemeinsten Formeln, wenn man vor die additiven Glieder das Summenzeichen über alle m setzt, von $m = 2$ bis $m = \infty$. Wir führen dies nur mit (32, b) wirklich aus und setzen zugleich aus Gründen, die später einleuchten werden, in den additiven Gliedern σ statt λ_0:

$$\sigma = \lambda_0 + \sum_{m=2}^{\infty}\Phi^{m-1}q_{m-1}\frac{[1+(-1)^{m-1}e^{-m\sigma}][1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\sigma}]}{(1+e^{-\sigma})^m} \quad (32, d)$$

d. h.

$$\sigma = \lambda_0 + q_1\Phi(1-e^{-\sigma}) + q_2\Phi^2\frac{(1+e^{-3\sigma})(1-e^{-\sigma})}{(1+e^{-\sigma})^2} + q_3\Phi^3\frac{(1-e^{-4\sigma})(1+e^{-2\sigma})}{(1+e^{-\sigma})^4} + \ldots \quad (32, e)$$

Diese letztere Formel wird von der grössten Wichtigkeit für uns sein, wenn wir zur Betrachtung gewisser experimenteller Methoden übergehen werden. Wohl zu verstehen, hängen die Constanten q_{m-1} nicht nur von der Form des Dämpfers, sondern auch von der Grösse λ_0 ab. Sie sind nur Constante für eine bestimmte Aufstellung des Dämpfers und ändern sich wenn das Azimuth des letzteren verändert wird. Man könnte daher vielleicht zur weiteren Vereinfachung den ganzen Coefficienten von Φ^{m-1} in (32, b) als eine einzige unbestimmte Constante ansehen und mit Einem Buchstaben bezeichnen, z. B. mit K_{m-1}, so dass wir statt (32, d) hätten:

$$\sigma = \lambda_0 + \sum_{m=1}^{\infty} K_m \Phi^m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (32, \mathbf{f})$$

Ohne Zweifel dürfen wir dies thun; doch unterlassen wir es, da diese Vereinfachung von (32, b) und (32, d) eine bedeutende Verwickelung in anderen Formeln hervorrufen würde, die auch die Constanten q enthalten und in welche dann ebenfalls die neuen Constanten K eingeführt werden müssten, z. B. in (29, a), (30, a), (30, b) und andere weiter unten entwickelte Formeln.

Es erübrigt nun noch für die vier auch früher betrachteten Anwendungen allgemeine Formeln zu entwickeln.

I. Es sollen die Stärken J_1 und J_{11} zweier *momentaner* Ströme aus den ersten beobachteten ganzen Schwingungsbögen Φ_1 und Φ_{11} verglichen werden. Wir erhalten die Grösse

$$\frac{J_1}{J_{11}} = \frac{v_1}{v_{11}}$$

aus (31, b), wenn darin $n = 1$ gesetzt wird:

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{J_1}{J_{11}} = \dfrac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 - ({\Phi_1}^{m-1} - {\Phi_{11}}^{m-1})\alpha_1\right\}, \text{ wo} \\ \alpha_1 = \text{s. (31, b).} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{33, a})$$

II. Es soll die Ruhelage x unter Einwirkung eines constanten Stromes berechnet werden aus der ersten beobachteten Elongation θ. Man erhält die gesuchte Formel, wenn man in (31, a) einsetzt x statt θ_1 und θ statt Φ_1. Es ist also

$$x = \frac{\theta}{1 + e^{-\lambda_0}}\left\{1 + \frac{\theta^{m-1} q_{m-1}[1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}]e^{-\lambda_0}}{(1+e^{-\lambda_0})^m}\right\} \ldots\ldots\ldots (\mathbf{33, b})$$

III. Es sollen die Stärken J und J' zweier momentaner Ströme nach der Weber'schen Multiplicationsmethode verglichen werden durch Beobachtung der halben, zuletzt constant gewordenen, Schwingungsbögen θ_∞ und θ'_∞.

Bei der Lösung dieser Aufgabe hat man zwei Fälle zu unterscheiden: m gerade und m ungerade. Im ersteren Falle findet vollständige Symmetrie der Bewegung nach beiden Seiten von der Ruhelage aus statt, so dass gleichen Anfangsgeschwindigkeiten v_1 auch der absoluten Grösse nach gleiche Amplituden entsprechen, unabhängig von der Richtung der Geschwindigkeit v_1. Ist dagegen m gerade, treten also in den allgemeinsten Ausdrücken, deren Repräsentant (32, d) ist, ungerade Potenzen der Variabeln auf, so haben wir eine unsymmetrische Bewegung, die Ableitung einiger Formeln wird bedeutend verwickelt, während sich die Endresultate gerade durch grosse Einfachheit auszeichnen.

1) *m ungerade.* Im § 2 war bei der Formel (14, g) die Regel zur Berechnung von v_∞ angegeben: man bilde $v_1 + v_2$, setze darin v_∞ statt v_1 und setze die Differenz gleich v_1; man erhält so eine Gleichung zur Bestimmung von v_∞.

Nach (29, b) haben wir:

$$v_1 + v_2 = v_1 - v_1 e^{-\lambda_0}\{1 + \mu_{m-1} v_1^{m-1}\}.$$

wo

$$\mu_{m-1} = \frac{t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}} r_{m-1}[1 - (-1)^{m-1} e^{-(m-1)\lambda_0}] \ldots\ldots\ldots\ldots (33, \mathfrak{c})$$

Wir haben also anzusetzen:

$$v_\infty - v_\infty e^{-\lambda_0}\{1 + \mu_{m-1} v_\infty^{m-1}\} = v_1 \ldots\ldots\ldots\ldots (33, \mathfrak{d})$$

Dies giebt

$$v_\infty (1 - e^{-\lambda_0}) = v_1 + \mu_{m-1} e^{-\lambda_0} v^m{}_\infty.$$

Setzen wir im additiven Gliede $v_\infty = \frac{v_1}{1 - e^{-\lambda_0}}$, so erhalten wir sofort

$$v_\infty = \frac{v_1}{1 - e^{-\lambda_0}} + \frac{\mu_{m-1} e^{-\lambda_0} v_1^m}{(1 - e^{-\lambda_0})^{m+1}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (33, \mathfrak{e})$$

Diese Formel ist eine Verallgemeinerung eines früher (l. c. p. 38 die letzte Formel vor [87]) gefundenen Ausdruckes, welcher $m = 3$ entsprach. Jener Ausdruck war auf höchst umständlichem Wege gefunden worden. Die in (14, g) enthaltene Regel zur Berechnung von v_∞ kann daher als nützliche Vereinfachung angesehen werden.

Wir erhalten den entsprechenden halben Schwingungsbogen ϑ_∞ durch Einsetzen von v_∞ aus (33, e) statt v_1 in (29, a), in welch letzterer Formel zuerst $n = 1$ zu setzen ist. Man erhält mit Berücksichtigung von (8) und des obigen Werthes von μ_{m-1}:

$$\vartheta_\infty = \frac{v_1 t_0 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{\pi(1 - e^{-\lambda_0})}\left\{1 + \left[\frac{v_1 t_0}{\pi(1 + e^{-\lambda_0})}\right]^{m-1}\left[q_{m-1} e^{-(m-1)\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + r_{m-1}\frac{1 - (-1)^{m-1} e^{-m\lambda_0}}{1 - e^{-\lambda_0}}\right]\right\}$$

Hieraus bestimmt man v_1, welches als Mass der Stromstärke J dient. Ebenso berechnen wir v'_1 als Mass von J' als Function des beobachteten halben Bogens θ'_∞ und erhalten

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1-(\theta_\infty^{m-1}-\theta'^{m-1}_\infty)\left[q_{m-1}+r_{m-1}\frac{1-(-1)^{m-1}e^{-m\lambda_0}}{1-e^{-\lambda_0}}e^{(m-1)\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\} \quad \text{(33, f)}$$

2) *m gerade.* Es sind zwei constant gewordene Geschwindigkeiten v_∞ und v'_∞ zu unterscheiden, nach verschiedenen Seiten gerichtet und ihrer absoluten Grösse nach *ungleich*; es sei die erste positiv, die zweite negativ. Es ist leicht zwei, der Formel (33, d) entsprechende, Gleichungen aufzustellen. Man hat nur zu bedenken, dass (33, d) in der Form

$$-v_\infty e^{-\lambda_0}(1+\mu_{m-1}v_\infty^{m-1})-v_1=-v_\infty$$

geschrieben werden kann und dann ausdrückt, dass wenn die Anfangsgeschwindigkeit v_∞ war und bei der Rückkehr in die Gleichgewichtslage der negative, durch $-v_1$ gemessene, Stoss erfolgt, die frühere Geschwindigkeit $-v_\infty$, aber nach der entgegengesetzten Seite wiedererlangt wird. In unserem Falle wird aber eine andere Geschwindigkeit, nämlich v'_∞ erlangt, dagegen v_∞, wenn die Anfangsgeschwindigkeit v'_∞ war. Dies giebt die zwei Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} -v_\infty e^{-\lambda_0}(1+\mu_{m-1}v_\infty^{m-1})-v_1&=v'_\infty\\ -v'_\infty e^{-\lambda_0}(1+\mu_{m-1}v'^{m-1}_\infty)+v_1&=v_\infty\end{aligned}\right\} \quad \text{(34, a)}$$

welche für $v'_\infty=-v_\infty$ in (33, d) übergehen. Setzen wir in die Klammern

$$v_\infty=\frac{v_1}{1-e^{-\lambda_0}};\quad v'_\infty=\frac{-v_1}{1-e^{-\lambda_0}}$$

und

$$\mu_{m-1}=\frac{t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\left[1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right]r_{m-1},$$

s. (33, c) und lösen wir die beiden Gleichungen (34, a) in Bezug auf v_∞ und v'_∞. Hierauf rechnen wir die zugehörigen Amplituden mit Hülfe von (29, a), worin $n=1$ anzunehmen ist und nehmen endlich die halbe Summe θ_∞ dieser Amplituden. Es stellt sich heraus, dass

$$\theta_\infty=\frac{v_1 t_0 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}}{\pi(1-e^{-\lambda_0})}$$

ist. Das additive Glied fällt weg — der Ausdruck ist identisch mit dem, welcher der uncorrigirten Gleichung (1) bekanntlich entspricht. Statt (33, f) erhalten wir somit

$$\frac{J}{J'}=\frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty} \quad \text{(34, b)}$$

IV. Es sollen die Stärken J und J' zweier momentaner Ströme nach der Weber'schen Reflexionsmethode verglichen werden durch Beobachtung der beiden zuletzt constant gewordenen grösseren Elongationen φ_r und φ'_r oder der beiden kleineren Elongationen ψ_r und ψ'_r.

1) *m ungerade.* Nach dem pag. 11 Gesagten ist das logarithmische Decrement

$$\lambda_r = lg\,\frac{\varphi_r}{\psi_r} = lg\,\frac{2\varphi_r}{2\psi_r}$$

identisch mit dem durch λ bezeichneten Decrement, dessen Werth in (32, a) gefunden worden ist. Es ist also

$$\lambda_r = lg\,\frac{2\varphi_r}{2\psi_r} = \lambda_0 + \varphi_r^{m-1} q_{m-1}\left\{1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_0}\right\} \ldots\ldots\ldots \textbf{(35, a)}$$

und hieraus

$$\lambda_0 = \lambda_r - \varphi_r^{m-1} q_{m-1}\left\{1-(-1)^{m-1}e^{-(m-1)\lambda_r}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(35, b)}$$

Letztere Formel giebt uns λ_0 aus dem beobachteten λ_r.

Bei genauester Benutzung der pag. 11 angegebenen weiteren Regeln erhält man folgende zwei Ausdrücke für die, durch einen einzelnen Stoss erzeugte Geschwindigkeit v_r als Function ven φ_r oder ψ_r;

$$v_r = \frac{\varphi_r(1+e^{-2\lambda_0})}{\varepsilon}\left\{1-\varphi_r^{m-1}\left[q_{m-1}+r_{m-1}\frac{1+e^{-2m\lambda_0}}{1+e^{-2\lambda_0}}e^{(m-1)\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\} \ldots\ldots \textbf{(35, c)}$$

$$v_r = \frac{\psi_r e^{\lambda_0}(1+e^{-2\lambda_0})}{\varepsilon}\left\{1-\psi_r^{m-1}\left[q_{m-1}+r_{m-1}\frac{e^{(m-1)\lambda_0}+e^{-(m-1)\lambda_0}}{1+e^{-2\lambda_0}}e^{(m-1)\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\}, \ldots\ldots \textbf{(35, d)}$$

wo

$$\varepsilon = \frac{t_0}{\pi}e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}$$

ist.

Werden zwei momentane Stosskräfte J und J' verglichen und ist bei beiden für λ_0 nahe derselbe Werth gefunden worden, so erhält man das Verhältniss $\frac{J}{J'}$ aus der Formel:

$$\frac{J}{J'} = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}\left\{1-(\varphi_r^{m-1}-\varphi'^{m-1}_r)\left[q_{m-1}+r_{m-1}\frac{1+e^{-2m\lambda_0}}{1+e^{-2\lambda_0}}e^{(m-1)\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\}, \ldots\ldots \textbf{(35, e)}$$

deren Aehnlichkeit mit (33, f) merkwürdig ist. Selbstverständlich lässt sich sofort ein zweiter aus (35, d) folgender Ausdruck für $\frac{J}{J'}$ niederschreiben — doch kann derselbe Nichts neues geben, wenn λ_0 aus (35, b) bestimmt worden ist, da (35, d) nur als eine Combination von (35, c) mit (35, a) anzusehen ist.

2) *m gerade.* Wir hatten pag. 11 unter v_1 diejenige Geschwindigkeit verstanden, mit welcher der Maguet nach dem Stoss die Ruhelage verlässt (zurückgeworfen wird). In unserem Falle der Assymmetrie hat man zwei solche Geschwindigkeiten: v_1 und v'_1 zu unterscheiden, wo v'_1 nicht gleich $-v_1$ ist. Statt der einen Formel $v_3 - v_r = -v_1$ pag 11 haben wir jetzt die zwei Gleichungen

$$v_3 - v_r = v'_1 \text{ und } v'_3 + v_r = v_1.$$

Drückt man v_3 durch v_1 und v'_3 durch v'_1 aus indem man (29, b) benutzt, wo $n = 2$ zu setzen ist, so erhält man

$$\left.\begin{aligned} v_1 e^{-2\lambda_0}\left\{1 + \frac{v_1^{m-1} t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\left(1 - e^{-2(m-1)\lambda_0}\right) r_{m-1}\right\} - v_r &= v'_1 \\ v'_1 e^{-2\lambda_0}\left\{1 + \frac{v'^{m-1}_1 t_0^{m-1}}{\pi^{m-1}}\left(1 - e^{-2(m-1)\lambda_0}\right) r_{m-1}\right\} + v_r &= v_1 \end{aligned}\right\} \ldots\ldots \text{(35, f)}$$

In die Klammern setzen wir

$$v_1 = \frac{v_r}{1+e^{-2\lambda_0}} \text{ und } v'_1 = \frac{-v_r}{1+e^{-2\lambda_0}}.$$

Wir lösen hierauf (35, f) in Bezug auf v_1 und v'_1 und berechnen die zugehörigen Amplituden mit Hülfe von (29, a), wo $n = 1$ und für v_1 zuerst das eben gefundene v_1 und dann v'_1 zu setzen sind. Nimmt man endlich die halbe Summe φ_r der erhaltenen Amplituden, so wird

$$\varphi_r = \frac{t_0 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}}}{\pi(1+e^{-2\lambda_0})} v_r.$$

Berechnet man die kleineren Amplituden, so findet man, dass ihre halbe Summe ψ_r gleich $\varphi_r e^{-\lambda_0}$ ist. Alles dies zeigt, dass in den Endformeln die additiven Glieder wegfallen und statt (35, a) und (35, e) erhält man einfach

$$\lambda_r = \lg \frac{\varphi_r}{\varphi'_r} = \lg \frac{2\varphi_r}{2\varphi'_r} = \lambda_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(35, g)}$$

$$\frac{J}{J'} = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(35, h)}$$

Die Anwesenheit von Gliedern grader Ordnung in der Differentialgleichung der Bewegung des Magneten hat keinen Einfluss auf die Formeln, welche den beiden Weber'schen Methoden der Multiplication und Reflexion entsprechen.

§ 10.

Untersuchung der Grösse des bei obiger Entwickelung begangenen Fehlers.

Wir wenden uns nun der Erledigung einer wichtigen Frage zu, von deren Beantwortung in hohem Grade der Werth und die Anwendbarkeit aller obigen Formeln abhängen. Wir haben bei der Entwickelung unserer Formeln gleich am Anfang, bei Einführung der wichtigen Hülfsgrösse ψ, einen Fehler begangen: die von uns berechneten additiven Glieder sind eigentlich nur die ersten Glieder gewisser Reihenentwickelungen. *Es entsteht die Frage nach der Grösse des begangenen Fehlers*, oder einfacher nach der Ordnung des nächsten Correctionsgliedes, wenn das eingeführte von der Ordnung m ist — hervorgerufen durch additive Glieder von der Ordnung m in der Differentialgleichung.

Um diese Frage beantworten zu können, vergegenwärtigen wir uns noch einmal die Art und Weise, in der wir die Grösse ψ einführten und die ersten Correctionsglieder berechneten. Die ganz uncorrigirte Gleichung lautete:

$$\frac{d^2\varphi^{(0)}}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi^{(0)}}{dt} + \beta^2\varphi^{(0)} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(a)}$$

und ihr Integral war:

$$\varphi^{(0)} = Ce^{-\alpha t}\sin\rho t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(b)}$$

Wir setzten nun in die linke Seite der corrigirten Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = V\left(\varphi, \frac{d\varphi}{dt}, \ldots\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(c)}$$

für φ:

$$\varphi = \varphi^{(0)} + \psi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(d)}$$

in die rechte dagegen einfach $\varphi^{(0)}$ und erhielten so nach Subtraction von (a) die folgende Gleichung zur Bestimmung von ψ:

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\psi}{dt} + \beta^2\psi = V\left(\varphi^{(0)}, \frac{d\varphi^{(0)}}{dt}, \ldots\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(e)}$$

Das Integral dieser linearen Gleichung in (d) eingesetzt, ergab φ und daraus alle anderen in Betracht kommenden Grössen. In Wirklichkeit ist aber ψ nur das zweite Glied einer Reihenentwickelung des wirklichen Integrales der Gleichung (c) nach steigenden Potenzen irgend einer Variabelen, z. B. der Grösse C. Das nächste Glied dieser Reihe wird erhalten, wenn man ansetzt

$$\varphi = \varphi^{(0)} + \psi + \psi_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(f)}$$

und diesen ganzen Ausdruck in die linke, dagegen nur die ersten zwei Glieder in die rechte Seite von (c) einsetzt. So entsteht die Gleichung:

$$\frac{d^2(\varphi^{(0)}+\psi+\psi_1)}{dt^2} + 2\alpha\frac{d(\varphi^{(0)}+\psi+\psi_1)}{dt} + \beta^2(\varphi^{(0)}+\psi+\psi_1) = V\left(\varphi^{(0)}+\psi, \frac{d(\varphi^{(0)}+\psi)}{dt}, \ldots\right)\ldots\ldots \text{(g)}$$

Nun ist aber

$$V\left(\varphi^{(0)}+\psi, \frac{d(\varphi^{(0)}+\psi)}{dt}, \ldots\right) = V\left(\varphi^{(0)}, \frac{d\varphi^{(0)}}{dt}, \ldots\right) + \frac{dV}{d\varphi^{(0)}}\cdot\psi + \frac{dV}{d\frac{d\varphi^{(0)}}{dt}}\cdot\frac{d\psi}{dt} + \ldots.$$

Setzt man dies in (g) statt der rechten Seite und subtrahirt von der so erhaltenen Gleichung die Summe von (a) und (e), so bleibt die Differentialgleichung

$$\frac{d^2\psi_1}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\psi_1}{dt} + \beta^2\psi_1 = \frac{dV}{d\varphi^{(0)}}\cdot\psi + \frac{dV}{d\frac{d\varphi^{(0)}}{dt}}\cdot\frac{d\psi}{dt} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(h)}$$

Diese Gleichung unterscheidet sich nur durch die rechte Seite von (e).

Es sind nun aber

$$\frac{dV}{d\varphi^{(0)}}, \frac{dV}{d\frac{d\varphi^{(0)}}{dt}}, \ldots$$

von der Ordnung $m - 1$, da wir annehmen V in (e) bestehe aus einer Gruppe additiver Glieder von der Ordnung m. — Ferner sind

$$\psi, \frac{d\psi}{dt}, \ldots.$$

von der Ordnung m. — *Die rechte Seite von* (h) *ist also von der Ordnung*

$$2m - 1$$

und von derselben ist auch ψ_1.

Besteht also V aus unbekannten Gliedern m^{ter} Ordnung, so besteht ebenso die rechte Seite von h aus unbestimmten Gliedern $(2m - 1)^{\text{ter}}$ Ordnung. Die Einführung dieser Glieder würde zu genau ebensolchen Formeln führen wie es die im vorigen § entwickelten sind. Dies führt offenbar zu folgender allgemeiner Regel:

Nimmt man in der Differentialgleichung der Bewegung des Magneten eine Gruppe additiver Glieder von der Ordnung m in Betracht, so hat man ausser den im vorigen § entwickelten Correctionsgliedern m^{ter} Ordnung, noch ebensolche Glieder von der Ordnung

$2m - 1$ zu den Formeln hinzuzufügen; in diesen neuen Gliedern werden auch neue unbestimmte Constante q_{2m-1}, r_{2m-1}, p_{2m-1} anzunehmen sein. — Nun haben wir:

m	$2m - 1$
2	3
3	5
4	7

etc.

Ohne zu grosses Risico dürfen wir wohl annehmen, dass Glieder 5^{ter} Ordnung in allen Fällen zu vernachlässigen sind. *Es ist also überhaupt nur im Falle* $m = 2$ *auf die zweite Correction Rücksicht zu nehmen.*

Sind also die additiven Glieder in der Differentialgleichung von höherer Ordnung als von der zweiten, so genügen vollständig die im vorigen § entwickelten Formeln. Sind sie aber von der zweiten Ordnung so hat man ausser den Correctionsgliedern zweiter Ordnung noch solche von der dritten in Betracht zu nehmen.

Ganz kurz kann das Resultat der in diesem § enthaltenen Untersuchung auch so ausgesprochen werden: man darf nie annehmen, dass in der Differentialgleichung nur additive Glieder zweiter Ordnung vorhanden sind. — Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine solche Annahme auch ohnedem nie erfolgen könnte.

§ 11.

Specielle Betrachtung des Falles $m = 3$.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Betrachtung des Falles $m = 3$, von welchem wiederum zwei speciellere Fälle in der früheren Arbeit untersucht und hier § 4 und § 6 recapitulirt wurden. Obwohl alle, $m = 3$ entsprechenden, Formeln sich ohne Weiteres niederschreiben lassen, auf Grund der im § 9 entwickelten allgemeinen Ausdrücke, so scheint es doch vielleicht nicht überflüssig, die Abhängigkeit der in jenen Formeln enthaltenen Constanten p_2, q_2 und r_2 von den in der Differentialgleichung enthaltenen Coefficienten unter der Annahme zu entwickeln, dass die additiven Glieder der Differentialgleichung nur von φ und $\frac{d\varphi}{dt}$ abhängen. Dann hat dieselbe die Form:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = \alpha'\varphi^3 + b'\varphi^2\frac{d\varphi}{dt} + c'\varphi\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + f'\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^3 \ldots\ldots\ldots \textbf{(36, a)}$$

entsprechend (22). Es ist dann, s. (23, a),

$$V_0 = C^3 e^{-3\alpha t}\{a_1 \cos 3\varrho t + b_1 \cos \varrho t + c_1 \sin 3\varrho t + f_1 \sin \varrho t\},$$

wo

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= -\tfrac{1}{4}b'\varrho + \tfrac{1}{2}c'\alpha\varrho - \tfrac{3}{4}f'\alpha^2\varrho + \tfrac{1}{4}f'\varrho^3 \\ b_1 &= \tfrac{1}{4}b'\varrho - \tfrac{1}{2}c'\alpha\varrho + \tfrac{3}{4}f'\alpha^2\varrho - \tfrac{3}{4}f'\varrho^3 \\ c_1 &= -\tfrac{1}{4}a' + \tfrac{1}{4}b'\alpha - \tfrac{1}{4}c'(\alpha^2 - \varrho^2) + \tfrac{1}{4}f'\alpha(\alpha^2 - 3\varrho^2) \\ f_1 &= \tfrac{3}{4}a' - \tfrac{3}{4}b'\alpha - \tfrac{1}{4}c'(3\alpha^2 + \varrho^2) - \tfrac{3}{4}f'\alpha(\alpha^2 + \varrho^2) \end{aligned}\right\} \quad \text{(36, b)}$$

Wir erhalten ferner, entsprechend (23, c):

$$\psi = C^3 e^{-3\alpha t}\{A_3 \cos 3\varrho t + A_1 \cos \varrho t + B_3 \sin 3\varrho t + B_1 \sin \varrho t\} + \\ + C^3 e^{-\alpha t}\{A \cos \varrho t + \sin \varrho t\},$$

wo

$$\left.\begin{aligned} A_3 &= \tfrac{a_1(\alpha^2 - 2\varrho^2) + 3\alpha\varrho c_1}{4(\alpha^2+\varrho^2)(\alpha^2+4\varrho^2)}; \quad B_3 = \tfrac{c_1(\alpha^2 - 2\varrho^2) - 3\alpha\varrho a_1}{4(\alpha^2+\varrho^2)(\alpha^2+4\varrho^2)}; \\ A_1 &= \tfrac{f_1\varrho + b_1\alpha}{4\alpha(\alpha^2+\varrho^2)}; \qquad B_1 = \tfrac{f_1\alpha - b_1\varrho}{4\alpha(\alpha^2+\varrho^2)}. \end{aligned}\right\} \quad \text{(36, c)}$$

Endlich finden sich aus (25) und (28):

$$\left.\begin{aligned} p_2 &= \tfrac{\alpha^2+\varrho^2}{\varrho^2}\Big[A_3 + A_1\Big], \\ q_2 &= \tfrac{1}{\varrho^3}\Big[(\alpha^3 - 3\alpha\varrho^2)A_3 + \alpha(\alpha^2+\varrho^2)A_1 + (3\varrho\alpha^2 - \varrho^3)B_3 + \varrho(\varrho^2+\alpha^2)B_1\Big] \\ r_2 &= \tfrac{\alpha^2+\varrho^2}{\varrho^3}\Big[\alpha(A_3 + A_1) - \varrho(3B_3 + B_1)\Big]. \end{aligned}\right\} \quad \text{(36, d)}$$

Ehe wir weiter gehen, wollen wir die Werthe dieser Constanten für die durch (15) und (19) repräsentirten Specialfälle berechnen; zum Unterschiede hängen wir an dieselben die Zeichen (1) und (2) oben.

Für den Fall der Gleichung (15) haben wir in (36, a):

$$a' = \tfrac{1}{6}\beta^2; \; b' = c' = f' = 0.$$

Dann giebt (36, b):

$$a_1 = b_1 = 0; \; c_1 = -\tfrac{1}{24}\beta^2; \; f_1 = \tfrac{1}{8}\beta^2.$$

Ferner giebt (36, c), da $\beta^2 = \alpha^2 + \varrho^2$ ist, s. (3),

$$A_3 = -\tfrac{\alpha\varrho}{32(\alpha^2+4\varrho^2)}; \; B_3 = \tfrac{2\varrho^2 - \alpha^2}{96(\alpha^2+4\varrho^2)};$$

$$A_1 = \tfrac{\varrho}{32\alpha}; \qquad B_1 = \tfrac{1}{32}.$$

Endlich erhalten wir aus (36, d) unter Benutzung von (6):

$$p_2^{(1)} = \frac{\pi(\pi^2+\lambda_0^2)}{8\lambda_0(4\pi^2+\lambda_0^2)}\,;\quad q_2^{(1)} = \frac{11\pi^2+23\lambda_0^2}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)}\,;\quad r_2^{(1)} = -\frac{\pi^2+\lambda_0^2}{16(4\pi^2+\lambda_0^2)}. \quad \ldots\ldots (37,\ \mathbf{a})$$

Für den Fall der Gleichung (19) hätten wir

$$a' = \tfrac{1}{6}\beta^2;\ b' = 2\alpha;\ c' = f' = 0.$$

Ferner:

$$a_1 = -\frac{\alpha\rho}{2};\ b_1 = \frac{\alpha\rho}{2};\ c_1 = -\frac{\beta^2}{24} + \frac{\alpha^2}{2};\ f_1 = \frac{\beta^2}{8} - \frac{3\alpha^2}{2}.$$

Dies in (36, c) und dann in (36, d) eingesetzt giebt

$$p_2^{(2)} = \frac{\pi(\pi^2-5\lambda_0^2)}{8\lambda_0(4\pi^2+\lambda_0^2)};\ q_2^{(2)} = -\frac{13\pi^2+145\lambda_0^2}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)};\ r_2^{(2)} = \frac{7(\pi^2+\lambda_0^2)}{16(4\pi^2+\lambda_0^2)}. \quad \ldots\ldots\ldots (37,\ \mathbf{b})$$

Aus den § 9 entwickelten allgemeinen Formeln erhalten wir nun specielle für den in diesem § betrachteten Fall, wenn wir in jenen überall $m = 3$ setzen. Selbstverständlich begnügen wir uns mit den hauptsächlichsten;

$$\theta_n = \theta_n^{(0)}\left\{1 + \frac{v_1^2\lambda_0^2}{\pi^2}\left[r_2 + q_2 e^{-2\frac{\lambda_0}{\pi}\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}+(n-1)\pi\}}\right]\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (38,\ \mathbf{a})$$

$$v_n = (-1)^{n-1} v_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 + \frac{v_1^2\lambda_0^2}{\pi^2} r_2\left(1 - e^{-2(n-1)\lambda_0}\right)\right\}, \quad \ldots\ldots\ldots (38,\ \mathbf{b})$$

$$\theta_n = (-1)^{n-1}\theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0}\left\{1 - \theta_1^2 q_2\left(1 - e^{-2(n-1)\lambda_0}\right)\right\}, \quad \ldots\ldots\ldots (38,\ \mathbf{c})$$

$$v_n = v_n^{(0)}\left\{1 - \theta_1^2\left[q_2 + r_2 e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\{\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}-(n-1)\pi\}}\right]\right\}. \quad \ldots\ldots\ldots (38,\ \mathbf{d})$$

Hier ist $\theta_n^{(0)}$ der erste Ausdruck in (8) und $v_n^{(0)}$ der zweite in (9). Die (38) folgen aus (29, a), (29, b), (30, a) und (30, b).

Ferner merken wir aus (32, b):

$$\sigma = \lambda_0 + \Phi^2 q_2 \frac{(1+e^{-\lambda_0})(1-e^{-\lambda_0})}{(1+e^{-\lambda_0})^2} \quad \ldots\ldots\ldots (38,\ \mathbf{e})$$

Endlich aus (33, f) und (35, e) die Formeln:

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - (\theta^2{}_\infty - \theta'^2{}_\infty)\left[q_2 + r_2(1 + e^{-\lambda_\infty} + e^{-2\lambda_\infty})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\} \quad \ldots\ldots (38,\ \mathbf{f})$$

$$\frac{J}{J'} = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}\left\{1 - (\varphi_r^2 - \varphi'^2_r)\left[q_2 + r_2(1 - e^{-2\lambda_0} + e^{-4\lambda_0})\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\} \ldots\ldots\ldots (38, g)$$

wo

$$\lambda_0 = \lambda_{r_-} - \varphi_r^2 q^2 (1 - e^{-2\lambda_r}).$$

Die bis jetzt angemerkten 7 Formeln (38) sind die wichtigsten. — Als minder wichtig notiren wir noch die aus (30, c), (33, a) und (33, b) folgenden:

$$T_1 = \frac{t_0\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}}{\pi}\left\{1 + \Theta_1^2 p_2\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}(1 - e^{-2\lambda_0})\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (38, h)$$

$$\frac{J_1}{J_{11}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}\left\{1 - \frac{(\Phi_1^2 - \Phi_{11}^2)}{(1 + e^{-\lambda_0})^2}\left[q_2(1 - e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0}) + r_2\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\} \ldots . (38, i)$$

$$x = \frac{\Theta}{1 + e^{-\lambda_0}}\left\{1 + \frac{\Theta^2 q_2 (1 - e^{-\lambda_0}) e^{-\lambda_0}}{(1 + e^{-\lambda_0})^2}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (38, k)$$

Setzt man in alle Formeln (38) statt p_2, q_2 und r_2 die Grössen (37, a), so erhält man genau die, theils in der früheren Arbeit Cap. III, § 13 und § 14 entwickelten und hier § 4 wiederholten, theils im § 4 neu hinzugekommenen Formeln.

Ebenso würden wir durch Einsetzen von (37, b) in (38) die Formeln erhalten, die in der früheren Arbeit Cap. IV und V, § 17, 19 und 20 und hier § 6 enthalten sind.

§ 12.

Specielle Betrachtung der Weber'schen Multiplicationsmethode für den Fall $m = 3$.

Es dürfte nicht überflüssig sein für den im vorigen § betrachteten Fall $m = 3$ noch eine Formel abzuleiten, welche für ein beliebiges m zu verwickelt wird. Denken wir uns es würde genau so verfahren, wie es bei der Multiplicationsmethode üblich ist. Die durch den einzelnen Stoss erzeugte Geschwindigkeit sei, wie in (34) durch v_1 bezeichnet; dies ist zugleich die erste Anfangsgeschwindigkeit; die aufeinander folgenden Durchgangsgeschwindigkeiten seien $v'_2, v'_3 \ldots . v'_n \ldots . v_\infty$. — Nur für die letzte unter ihnen findet sich ein Ausdruck in (34). Wir stellen uns nun die Aufgabe für den Fall $m = 3$ eine Formel nicht nur für v_∞ sondern allgemein für v'_n zu finden. Den entsprechenden ganzen n^{ten} Schwingungsbogen wollen wir durch $\mathfrak{P}_n$ (oder auch durch $\mathfrak{P}'_n$) bezeichnen und ihn ebenfalls berechnen. Der Zweck ist folgender: gewöhnlich beobachtet man, um zwei momentane Ströme

zu vergleichen, die halben Schwingungsbögen θ_∞. Doch kann es vorkommen, dass man, ohne das Constantwerden der Elongationen abzuwarten, schon früher Schwingungsbögen beobachtet und aus dem Vergleich der n^{ten} Bögen Ψ_n und Ψ'_n das Verhältniss der entsprechenden momentanen Ströme J_1 und J_{11} berechnen will. Dies kann vorkommen, wenn die Dämpfung nicht stark ist, wie es z. B. bei Weber's Versuchen der Fall war (s. Abhandl. der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, V. Band 1853, pag. 11).

Die Art und Weise, wie die aufeinanderfolgenden Durchgangsgeschwindigkeiten v'_2, v'_3, v'_4 etc. zu berechnen sind, ist aus der früheren Arbeit pag. 37 ersichtlich und soll hier nicht wiederholt werden. Wir hatten daselbst

$$v'_2 = v_1(1 + e^{-\lambda_0}) + \mu e^{-\lambda_0} v_1^3,$$

wo μ durch die Formel

$$-v_2 = v_1 e^{-\lambda_0}\{1 + \mu v_1^2\}$$

bestimmt wird. Es ist also in unserem Falle (s. 38, b)

$$\mu = \frac{r_2^2}{\pi^2} r_3 (1 - e^{-2\lambda_0}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39)$$

Ferner hatten wir l. c. gefunden:

$$v'_3 = v_1(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0}) + \mu v_1^3(1 + e^{-\lambda_0})^3 e^{-\lambda_0} + \mu_1 v^3 e^{-2\lambda_0}$$

$$v'_4 = v_1(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} + e^{-3\lambda_0}) + \mu v_1^3 e^{-\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})^3 +$$
$$+ \mu v_1^3 e^{-2\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0})^3 + \mu v_1^3 e^{-2\lambda_0}$$

$$v'_5 = v_1(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} + e^{-3\lambda_0} + e^{-4\lambda_0}) + \mu v_1^3 e^{-\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} + e^{-3\lambda_0})^3 +$$
$$+ \mu v_1^3 e^{-2\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})^3 + \mu v_1^3 e^{-3\lambda_0}(1 + e^{-\lambda_0})^3 + \mu v_1^3 e^{-4\lambda_0}$$

etc. etc.

Das Gesetz, nach welchem diese Ausdrücke gebildet sind, ist klar. Es ist allgemein:

$$v'_n = v_1\left(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} + \ldots + e^{-(n-1)\lambda_0}\right) + \mu v_1^3 \cdot \left\{\begin{array}{l} (1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} + \ldots + e^{-(n-2)\lambda_0})^3 e^{-\lambda_0} + \\ + (1 + e^{-\lambda_0} e^{-2\lambda_0} + \ldots + e^{-(n-3)\lambda_0})^3 e^{-2\lambda_0} + \\ + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \\ + (1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})^3 e^{-(n-3)\lambda_0} + \\ + (1 + e^{-\lambda_0})^3 e^{-(n-2)\lambda_0} + \\ + e^{-(n-1)\lambda_0} \end{array}\right\}.$$

In jedem Paar runder Klammern steht eine geometrische Progression, deren Summe zu nehmen ist. Man erhält

$$v'_n = \frac{1-e^{-n\lambda_0}}{1-e^{-\lambda_0}} v_1 + \frac{\mu v_1^3 l_n}{(1-e^{-\lambda_0})^3} \quad \text{(39, a)}$$

wo

$$l_n = (1-e^{-(n-1)\lambda_0})^3 e^{-\lambda_0} + (1-e^{-(n-2)\lambda_0})^3 e^{-2\lambda_0} + \ldots + (1-e^{-2\lambda_0})^3 e^{-(n-2)\lambda_0} + (1-e^{-\lambda_0})^3 e^{-(n-1)\lambda_0}$$

oder

$$\begin{aligned} l_n = {} & e^{-\lambda_0} - 3e^{-n\lambda_0} + 3e^{(-2n+1)\lambda_0} - e^{(-3n+2)\lambda_0} + \\ & + e^{-2\lambda_0} - 3e^{-n\lambda_0} + 3e^{(-2n+2)\lambda_0} - e^{(-3n+4)\lambda_0} + \\ & + e^{-3\lambda_0} - 3e^{-n\lambda_0} + 3e^{(-2n+3)\lambda_0} - e^{(-3n+6)\lambda_0} + \\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & + e^{-(n-1)\lambda_0} - 3e^{-n\lambda_0} + 3e^{(-2n+n-1)\lambda_0} - e^{(-3n+2n-2)\lambda_0}. \end{aligned}$$

Nun lässt sich jede der vier erhaltenen verticalen Reihen für sich addiren und man erhält

$$l_n = \frac{e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} - (3n-2)e^{-n\lambda_0} + 2e^{-(n+1)\lambda_0} + (3n-1)e^{-(n+2)\lambda_0} - 3e^{-2n\lambda_0} - 3e^{-(2n+1)\lambda_0} + e^{-3n\lambda_0}}{1-e^{-\lambda_0}} \quad \text{(39, b)}$$

(39, a) und (39, b) bestimmen die n^{te} Anfangsgeschwindigkeit. Die zugehörige Elongation ϑ'_n findet sich, wenn wir in (38, a) zuerst $n = 1$ und dann statt v_1 den Ausdruck (39, a) einsetzen. — Jene Formel kann für $n = 1$ kurz geschrieben werden:

$$\vartheta_1 = \varepsilon v_1 (1 + \gamma v_1^2), \quad \text{(39, c)}$$

wo

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{t_0}{\pi} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}} \\ \gamma &= \frac{t_0^2}{\pi^2} \left(r_2 + q_2 e^{-2\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}} \right) \end{aligned}\right\} \quad \text{(39, d)}$$

In (39, c) haben wir also für v_1 die Gröse v'_n zu setzen und erhalten, mit Hinweglassung des Vorzeichens:

$$\vartheta'_n = \varepsilon v_1 k_n \left\{ 1 + v_1^2 \left[\gamma k_n^2 + \frac{\mu l_n}{k_n (1-e^{-\lambda_0})^3} \right] \right\}, \text{ wo } k_n = \frac{1-e^{-n\lambda_0}}{1-e^{-\lambda_0}}.$$

Der Schwingungsbogen $\mathfrak{P}_n$ ist gleich $\theta'_n + \theta'_{n+1}$. Ehe wir ihn berechnen setzen wir in θ'_n für k_n seinen Werth ein und erhalten zuletzt

$$\mathfrak{P}_n = \frac{\varepsilon v_1[2-e^{-n\lambda_0}-e^{-(n+1)\lambda_0}]}{1-e^{-\lambda_0}}\left\{1+v_1^2\frac{\gamma(1-e^{-n\lambda_0})^3+\gamma(1-e^{-(n+1)\lambda_0})+\mu(l_n+l_{n+1})}{(1-e^{-\lambda_0})^2(2-e^{-n\lambda_0}-e^{-(n+1)\lambda_0})}\right\}.$$

Hieraus endlich findet sich die gesuchte Grösse v_1 ausgedrückt durch den n^{ten} Schwingungsbogen $\mathfrak{P}_n$. Setzen wir als letzte Abkürzung

$$\varepsilon^2 s_n = \gamma(1-e^{-n\lambda_0})^3 + \mu l_n, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39, \text{e})$$

so wird

$$v_1 = \frac{\mathfrak{P}_n(1-e^{-\lambda_0})}{\varepsilon[2-e^{-n\lambda_0}-e^{-(n+1)\lambda_0}]}\left\{1-\frac{\mathfrak{P}_n^2(s_n+s_{n+1})}{(2-e^{-n\lambda_0}-e^{-(n+1)\lambda_0})^3}\right\}.$$

Will man zwei momentane Stromstärken J und J' vergleichen und beobachtet nach der Multiplicationsmethode die n^{ten} Bögen $\mathfrak{P}_n$ und $\mathfrak{P}'_n$, so ist

$$\frac{J}{J'} = \frac{\mathfrak{P}_n}{\mathfrak{P}'_n}\left\{1-(\mathfrak{P}_n^2-\mathfrak{P}'^2_n)\frac{s_n+s_{n+1}}{(2-e^{-n\lambda_0}-e^{-(n+1)\lambda_0})^3}\right\}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{40})$$

$$s_n = r_2 e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} b_n + q_2(1-e^{-n\lambda_0})^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{40}, \mathbf{a})$$

$$\left.\begin{aligned} b_n = 1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0} - (3n+1)e^{-n\lambda_0} + 2e^{-(n+1)\lambda_0} + (3n-1)e^{-(n+2)\lambda_0} - \\ - 3e^{-(2n+1)\lambda_0} \end{aligned}\right\} \ldots (\mathbf{40}, \mathbf{b})$$

Dieser letztere Ausdruck wurde erhalten durch Einführen von (39) und (39, d) in (39, e).

Die Formeln (40) stellen die vollständige Lösung der Aufgabe dar, welche wir uns in diesem § gestellt haben.

Für $n = \infty$ wird $\mathfrak{P}_\infty = 2\theta_\infty$ und (40) muss sich in (38, f) verwandeln, was in der That geschieht, da $b_\infty = 1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0}$ ist.

Ist die Dämpfung stark, also λ_0 gross, so wird $\mathfrak{P}_n$ sehr schnell seinem Grenzwerth $2\theta_\infty$ zustreben und nach wenigen Stössen constant werden. Ist aber λ_0 nicht gross, so werden, wie z. B. bei den oben erwähnten Weber'schen Versuchen, die Bögen selbst nach sehr vielen Stössen nicht constant und in diesem Falle dürften die obigen Formeln von Nutzen sein.

Ist m nicht gleich 3, sondern eine unbestimmte Zahl, so lässt sich zwar sofort auch v'_n in einer Form niederschreiben, die (39, a) entspricht; es lässt sich aber l_n nicht in eine halbwegs einfache Form bringen, da statt der dritten Potenzen die m^{ten} auftreten.

§ 13.

Specielle Behandlung des Falles $m = 2$.

Die, dem Falle $m = 2$ entsprechenden, Formeln erhält man durch Einsetzung dieses Werthes von m in die Formeln des § 9. — Wie im § 11 wollen wir aber auch hier vorerst die Abhängigkeit der Constanten p_1, q_1 und r_1 von den, in der Differentialgleichung enthaltenen Coefficienten unter der Annahme entwickeln, dass in dieser Gleichung nur Glieder mit φ und $\frac{d\varphi}{dt}$ vorkommen. Dann hat dieselbe die Form:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi = a'\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + b'\varphi\frac{d\varphi}{dt} + c'\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (41, \text{a})$$

Es ist dann, entsprechend (23, a)

$$V_0 = C^2 e^{-2\alpha t}\{a_1 \cos 2\varrho t + b_1 + c_1 \sin 2\varrho t\},$$

wo

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= \frac{a'(\varrho^2-\alpha^2)+b'\alpha-c'}{2} \\ b_1 &= \frac{a'(\varrho^2+\alpha^2)-b'\alpha+c'}{2} \\ c_1 &= \frac{b'\varrho-2a'\alpha\varrho}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (41, \text{b})$$

Ferner erhalten wir, entsprechend (23, c):

$$\psi = C^2 e^{-2\alpha t}\{A_2 \cos 2\varrho t + A_0 + B_2 \sin 2\varrho t\} + e^{-\alpha t}\{A\cos\varrho t + B\sin\varrho t\},$$

wo

$$\left.\begin{aligned} A_2 &= \frac{(\alpha^2-3\varrho^2)a_1+4\alpha\varrho c_1}{(\alpha^2+9\varrho^2)(\alpha^2+\varrho^2)} \\ A_0 &= \frac{b_1}{\alpha^2+\varrho^2} \\ B_2 &= \frac{(\alpha^2-3\varrho^2)c_1-4\alpha\varrho a_1}{(\alpha^2+9\varrho^2)(\alpha^2+\varrho^2)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (41, \text{c})$$

Ferner

$$A = -C^2(A_0 + A_2)$$

$$B = \frac{\alpha(A_0+A_2)-2\varrho B_2}{\varrho}C^2.$$

Endlich erhalten wir aus (25) und (28):

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= \frac{\sqrt{\alpha^2+\varrho^2}}{\varrho}(A_2 + A_0) \\ q_1 &= \frac{1}{\varrho^2}\left[(\alpha^2-\varrho^2)A_2 + (\alpha^2+\varrho^2)A_0 + 2\alpha\varrho B_2\right] \\ r_1 &= -\frac{2\sqrt{\alpha^2+\varrho^2}}{\varrho}B_2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (41, \text{d})$$

Wir stellen nun die hauptsächlichsten Formeln für den Fall $m = 2$ zusammen. Sollten noch andere von Nöthen sein, so erhält man sie aus den entsprechenden des § 9 durch Einsetzen von $m = 2$.

(29, a), (29, b), (30, a) und (30, b) geben uns

$$\theta_n = \theta_n^{(0)} \left\{ 1 + \frac{v_1 t_0}{\pi} \left[r_1 + (-1)^{n-1} q_1 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\left\{ \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0} + (n-1)\pi \right\}} \right] \right\} \quad \ldots\ldots \textbf{(42, a)}$$

$$v_n = (-1)^{n-1} v_1 e^{-(n-1)\lambda_0} \left\{ 1 + \frac{v_1 t_0}{\pi} r_1 [1 - (-1)^{n-1} e^{-(n-1)\lambda_0}] \right\} \quad \ldots\ldots \textbf{(42, b)}$$

$$\theta_n = (-1)^{n-1} \theta_1 e^{-(n-1)\lambda_0} \left\{ 1 - \theta_1 q_1 [1 - (-1)^{n-1} e^{-(n-1)\lambda_0}] \right\} \quad \ldots\ldots \textbf{(42, c)}$$

$$v_n = v_n^{(0)} \left\{ 1 - \theta_1 \left[q_1 + (-1)^{n-1} r_1 e^{\frac{\lambda_0}{\pi}\left\{ \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0} - (n-1)\pi \right\}} \right] \right\} \quad \ldots\ldots \textbf{(42, d)}$$

Hier ist $\theta_n^{(0)}$ der erste Ausdruck in (8) und $v_n^{(0)}$ der zweite in (9). Ferner merken wir aus (32, a) und (32, b)

$$\left.\begin{aligned} \lambda &= \lambda_0 + \theta_1 q_1 (1 + e^{-\lambda_0}) \\ \sigma &= \lambda_0 + \Phi_1 q_1 (1 - e^{-\lambda_0}) \end{aligned}\right\}; \quad \ldots\ldots \textbf{(42, e)}$$

aus (34, b):

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty} \quad \ldots\ldots \textbf{(42, f)}$$

und endlich aus (35, g) und (35, h):

$$\frac{J}{J'} = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}; \; \lambda_0 = \lambda_r \quad \ldots\ldots \textbf{(42, g)}$$

Weitere Formeln, die sich z. B. noch aus (30, c), (33, a) und (33, b) ableiten liessen, wollen wir hier nicht anführen; sie lassen sich eben ohne Weiteres durch Einsetzen von $m = 2$ niederschreiben. Nur kurz sei erwähnt, dass sich auch für $m = 2$ ähnliche Formeln entwickeln lassen, wie dies für $m = 3$ im § 12 geschehen war. Doch begnügen wir uns mit der Angabe der Endformel. Es ist entsprechend (40) nach n Multiplicationen

$$\left.\begin{aligned} \frac{J}{J'} &= \frac{\Psi_n}{\Psi'_n} \left\{ 1 - (\mathfrak{P}_n - \mathfrak{P}'_n) \frac{s_n + s_{n+1}}{(2 - e^{-n\lambda_0} - e^{-(n+1)\lambda_0})^2} \right\} \\ s_n &= r_2 e^{\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}} c_n + q_2 (1 - e^{-n\lambda_0})^2 \\ c_n &= (1 - e^{-n\lambda_0})^2 + \frac{(1 + e^{-\lambda_0})[e^{-\lambda_0} - e^{-2n\lambda_0} - (2n-1)e^{-n\lambda_0}(1 - e^{-\lambda_0})]}{(1 - e^{-\lambda_0})^3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \textbf{(43)}$$

§ 14.

Specielle Behandlung der Gleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt}\left(1 - b\varphi^2\right) + \beta^2\varphi = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (44)$$

Es scheint, dass man wohl annehmen kann, dass in denjenigen Fällen, wo der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt, wie wir später sehen werden, der Dämpfer so aufgestellt werden kann, dass die Differentialgleichung der Bewegung der Magnetnadel sich der Form nach von (44) nur durch das noch anzuhängende letzte Glied $-\frac{\beta^2}{6}\varphi^3$ unterscheidet, dessen Bedeutung und — wenn man so sagen darf — Wirkung wir in § 4 und § 5 betrachtet haben. Die Zahl b ist natürlich a priori nicht zu errathen und wird es weiter unten unsere Aufgabe sein Methoden zu erfinden, um sich erstens zu überzeugen, dass die Gleichung (44) wirklich der betrachteten Bewegung zu Grunde liegt und zweitens um den Werth der Zahl b, die wohl stets positiv sein dürfte, zu finden.

Da das additive Glied in (44), auf die rechte Seite der Gleichung hinübergenommen, gleich $2\alpha b \frac{d\varphi}{dt}\varphi^2$, also von der dritten Ordnung ist, *so gelten natürlich alle in den* § 11 *und* 12 *entwickelten Formeln.* Das einzige, was wir hinzufügen, wäre der Ausdruck der Constanten p_2, q_2 und r_2 als Functionen von b.

Vergleichen wir (44) mit (36, a), so sehen wir, dass in dem hier betrachteten Falle:

$$a' = c' = f' = 0; \quad b' = 2b\alpha$$

sind.

Dann giebt uns aber (36, b):

$$a_1 = -b_1 = -\tfrac{1}{2}\alpha_2 b; \; c_1 = \tfrac{1}{2} b\alpha^2; \; f_1 = -\tfrac{3}{2} b\alpha^2.$$

Endlich erhalten wir aus (36, c) und (36, d):

$$\left.\begin{aligned} p_2 &= -\frac{3\pi\lambda_0}{4(\lambda_0^2+4\pi^2)} b, \\ q_2 &= -\frac{(7\lambda_0^2+\pi^2)}{2(\lambda_0^2+4\pi^2)} b, \\ r_2 &= \frac{\lambda_0^2+\pi^2}{2(\lambda_0^2+4\pi^2)} b, \\ -\frac{q_2}{r_2} &= \frac{7\lambda_0^2+\pi^2}{\lambda_0^2+\pi^2} > 1. \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (45)$$

Nicht überflüssig dürfte es sein, durch Folgendes die Richtigkeit der Formeln zu prüfen. Vergleicht man die Gleichungen (15) und (19) mit (44), so sieht man, dass wenn man die für (15) erhaltenen Correctionen abzieht von den für (19) erhaltenen, der Rest gleich sein muss den Correctionen die man für (44) erhält, wenn $b = 1$ ist.

Zieht man also z. B. (37, a) von (37, b) ab, so muss (45) entstehen, wenn in letzterem $b = 1$ gesetzt wird und dies stimmt in der That.

Von besonderem Interesse ist, wie wir später sehen werden, die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (45, \mathbf{a})$$

d. i. eine Combination von (15) und (44), oder auch eine Erweiterung von (19). Die (45, a) entsprechenden Formeln finden sich natürlich aus den Formeln (38, a) bis (38, k), wenn in denselben für p_2, q_2 und r_2 je die Summe der in (37, a) und (45) gegebenen Specialwerthe eingesetzt wird. Ohne selbstverständlich alle so entstehenden Specialformeln auszuschreiben, wollen wir doch die Ausdrücke (38, h) für die Schwingungszeit als Function des Bogens Φ und (38, e) für das Decrement σ einer näheren Betrachtung unterwerfen.

(38, h) zeigt, dass es von dem Vorzeichen der Constanten p_2 abhängt, ob die Schwingungszeit bei sehr kleinen Bögen mit diesen wächst oder abnimmt. (37, a) und (45) geben

$$p_2 = \frac{\pi(\pi^2 + \lambda_0^2 - 6b\lambda_0^2)}{8\lambda_0(4\pi^2 + \lambda_0^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (45, \mathbf{b})$$

Ist $b <$ oder $= \frac{1}{6}$, so ist p_2 bei jedem λ_0 postiv — die Zeit wächst zugleich mit dem Bogen. Ist aber $b > \frac{1}{6}$, so wird p_2 negativ sobald

$$\text{oder} \quad \left.\begin{aligned} \lambda_0 &> \frac{\pi}{\sqrt{6b-1}} \\ \beta &> \alpha > \frac{\beta}{\sqrt{6b}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (45, \mathbf{c})$$

ist. Die Schwingungszeit verringert sich in diesem Falle bei kleinem Schwingungsbogen, wenn letzterer wächst. Dies seltsame Resultat wollen wir zusammenfassen:

Satz A. Liegt der Bewegung des Magneten die Gleichung (45, a) *zu Grunde und ist* $b <$ *oder* $= \frac{1}{6}$, *so wächst die Schwingungszeit T bei kleinen Bögen* Φ *zugleich mit diesen. Ist aber* $b > \frac{1}{6}$ *und die Dämpfung so stark, dass die Bedingung* (45, c) *erfüllt ist, so ist bei kleinen Bögen die Zeit T kleiner, als bei unendlich kleinen Bögen.*

Es findet somit gerade das Umgekehrte von dem Statt, was wir bei Beobachtung von Schwingungen ohne Dämpfung gewohnt sind einzuführen.

Die Bedingung (45, c) nimmt für $b = 1$ die Form $\lambda_0 > \frac{\pi}{\sqrt{5}}$ an, für welchen Specialfall der obige Satz bereits in der früheren Arbeit p. 34 ausgesprochen wurde.

Es ist wichtig zu bemerken, dass die Bedingung (45, c) unzweifelhaft bei sehr vielen Dämpfern erfüllt sein wird. So ist z. B. bei einem in Pawlowsk befindlichen Multiplicatordämpfer b etwa gleich 22; es muss also nach (45, c) $\lambda_0 > 0{,}27$ sein; es ist aber, bei Einführung des zugehörigen Inductors in die als dämpfende Masse dienende Leitung, λ_0 etwa

gleich 0,7; bei Ausschliessung des Inductors wird λ_0 noch bedeutend grösser. Die Bedingung (45, c) ist also unzweifelhaft erfüllt.

Es könnte vielleicht auf den ersten Blick als unwahrscheinlich, oder gar widersinnig erscheinen, dass die Schwingungszeit mit wachsendem Bogen abnimmt. Doch ist es nicht schwer an einem, freilich extremen, Beispiele zu zeigen, dass ein derartiges Verhältniss möglich ist. Denken wir uns nämlich die Dämpfung in der Nähe der Ruhelage sehr gross und dann nach beiden Seiten hin schnell abnehmend. Sind die Schwingungen sehr klein, so bewegt sich der Magnet nur unter dem Einflusse einer sehr starken Dämpfung; die Bewegung kann nahe oder sogar völlig aperiodisch, die Schwingungszeit unendlich gross sein. Wird aber der Magnet zuerst um einen bedeutenden Winkel abgelenkt und bewegt er sich zuerst eine Zeit lang fast ohne Dämpfung, so erhält er eine so bedeutende Geschwindigkeit, dass er schnell über die kleine Strecke grösster Dämpfung hinweggleitet. in Folge dessen zum Mindesten mehrere periodische Schwingungen von endlicher Schwingungszeit entstehen werden, welche mit kleiner werdenden Bögen immer grösser werden muss. Dass etwas Aehnliches in dem oben betrachteten Falle stattfindet folgt schon aus der Bedingung $b > \frac{1}{6}$, nach welcher eine gewisse Schnelligkeit der Abnahme der Dämpfung nach beiden Seiten hin erforderlich ist, damit die im Satz A besprochene Erscheinung vor sich gehen kann.

Wir wollen zum Schluss die Formel (38, e) für das Decrement σ einer ähnlichen Betrachtung unterwerfen. Ob das Decrement mit wachsendem Bogen grösser oder kleiner wird, hängt von dem Vorzeichen der Constanten q_2 ab, deren Werth für den Fall der Gleichung (45, a) gleich

$$q_2 = \frac{11\pi^2 + 23\lambda_0^2 - 24b(7\lambda_0^2 + \pi^2)}{48(4\pi^2 + \lambda_0^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(45, d)}$$

ist, wie man durch Addition von (37, a) und (45) findet. Untersucht man die Bedingungen von denen das Vorzeichen von q_2 abhängt, so erhält man den

Satz B. Liegt der Bewegung des Magneten die Gleichung (45, a) *zu Grunde, so wächst das Decrement σ mit dem Bogen bei jedem Grade der Dämpfung, wenn $b < \frac{23}{168}$ ist. — Ist $\frac{23}{168} < b < \frac{11}{24}$ (also etwa zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{2}$), so $\left\{\begin{smallmatrix}\text{sinkt}\\ \text{wächst}\end{smallmatrix}\right.$ das Decrement σ mit wachsendem Bogen, wenn $\lambda_0 \left\{\begin{smallmatrix}\text{grösser}\\ \text{kleiner}\end{smallmatrix}\right.$ als $\pi\sqrt{\frac{11-24b}{168b-23}}$ ist. Ist endlich $b > \frac{11}{24}$ (was wohl fast stets der Fall sein mag), so sinkt das Decrement σ mit wachsendem Bogen. Alles in diesem Satze Gesagte gilt wörtlich auch für das Decrement λ.*

Der Vollständigkeit wegen fügen wir zu (45, b) und (45, d) noch die dritte Formel hinzu:

$$r_2 = \frac{\pi^2 + \lambda_0^2}{16(4\pi^2 + \lambda_0^2)}(8b - 1), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(45, e)}$$

wie man leicht aus (37, a) und (45) findet.

§ 15.

Specielle Behandlung der Gleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1+\alpha\varphi) + \beta^2\varphi = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (46)$$

Hat der Dämpfer keine Symmetrieebene oder ist er unrichtigerweise so aufgestellt, dass dieselbe nicht mit der Ebene des magnetischen Meridianes zusammenfällt, so wird, wie wir sehen werden, die Betrachtung der Gleichung (46) von Nutzen sein.

Das additive Glied in (46) auf die rechte Seite der Gleichung hinübergenommen ist $-2a\alpha\varphi\frac{d\varphi}{dt}$, also von der zweiten Ordnung. Es gelten also alle Formeln des § 13.

Wir berechnen aber noch die Constanten p_1, q_1 und r_1. Durch Vergleich von (46) mit (41, a) erhalten wir

$$a' = c' = 0; \quad b' = -2a\alpha.$$

Dann giebt uns (41, b):

$$a_1 = -a\alpha^2; \quad b_1 = a\alpha^2; \quad c_1 = -a\alpha\varrho.$$

Ferner (41, c):

$$A_2 = -\frac{a\alpha^2}{\alpha^2+9\varrho^2}; \quad A_0 = \frac{a\alpha^2}{\alpha^2+\varrho^2}; \quad B_2 = \frac{3a\alpha\varrho}{\alpha^2+9\varrho^2} \quad \ldots\ldots\ldots (46, a)$$

Endlich (41, d):

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= \frac{8\pi\lambda_0^2}{(\lambda_0^2+9\pi^2)\sqrt{\lambda_0^2+\pi^2}}\,a, \\ q_1 &= \frac{16\lambda_0^2\pi}{\lambda_0^2+9\pi^2}\,a, \\ r_1 &= -\frac{6\lambda_0\sqrt{\lambda_0^2+\pi^2}}{\lambda_0^2+9\pi^2}\,a, \\ -\frac{q_1}{r_1} &= \frac{8\lambda_0}{3\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} < 1, \text{ solange } \lambda_0 < 1{,}27. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (47)$$

Die Grössen (46, a) bestimmen die betreffende Hülfsgrösse ψ, s. § 13 (41, c), welche in unserem Falle der Gleichung

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\psi}{dt} + \beta^2\psi = -2\alpha a\varphi^{(0)}\frac{d\varphi^{(0)}}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (47, a)$$

$$\varphi^{(0)} = Ce^{-\alpha t}\sin\varrho t$$

zu genügen hat. Die Richtigkeit der Grössen (46, a) ist durch directes Einsetzen von ψ in diese Gleichung geprüft worden.

Es ist der Versuch gemacht für den Fall der Gleichung (46) auch die zweiten Correctionen nach der im § 10 enthaltenen Vorschrift zu berechnen. Doch zeigen sich die Ausdrücke übermässig verwickelt. (47, a) entspricht (e) § 10; es wurde die rechte Seite der Formel (h) berechnet, worauf für ψ_1 eine genau solche Gleichung erhalten wurde, wie für ψ wenn $m = 3$ ist. Diese Gleichung liess sich sogar auf die Form (36, a) bringen und zwar fand sich

$$a' = \frac{2\alpha^2(3\rho^2 - 19\alpha^2)}{\alpha^2 + 9\rho^2}\alpha^2; \quad b' = \frac{8\alpha^3(5\rho^2 - 3\alpha^2)}{(\alpha^2+\rho^2)(\alpha^2+9\rho^2)}\alpha^2;$$

$$c' = \frac{24\alpha^2}{\alpha^2+9\rho^2}\alpha^2; \qquad f' = \frac{16\alpha^3}{(\alpha^2+\rho^2)(\alpha^2+9\rho^2)}\alpha^2.$$

Weiter liessen sich die entsprechenden Grössen A_3, A_1, B_3 und B_1 berechnen und endlich die Constanten p_2, q_2 und r_2. Doch sind die dabei erhaltenen Ausdrücke so überaus verwickelt, dass man es als Regel ansehen muss dahin zu streben, dass die Nothwendigkeit jene zweiten Correctionen berechnen zu müssen nie vorkomme. Als characteristisch wollen wir nur bemerken, dass in alle Formeln der Factor α^2 eingeht. Allenfalls wollen wir noch bemerken, dass der erwähnte verwickelte Ausdruck von q_2 für einen Werth von $\lambda_0 = 1$ ohngefähr gleich $-\frac{5}{6}\alpha^2$ wird.

§ 16.

Ueber den wahrscheinlichen Werth von m und die Form der Differentialgleichung.

Wir haben es versucht bisher unseren Formeln einen so hohen Grad von Allgemeinheit zu geben, dass sie unzweifelhaft in allen Fällen richtig bleiben, welche additiven Glieder auch in der ursprünglichen Differentialgleichung auftreten mögen und wie gross auch ihre Anzahl sein mag. Diese Formeln von dem höchsten Grade von Allgemeinheit erhalten wir, wenn wir in den Formeln (29), (30), (31), (32), (33) und (34) vor die Correctionsglieder das Zeichen $\sum_{m=2}^{\infty}$ einsetzen. (32, d) ist ein Beispiel einer so erhaltenen Formel. Kurz kann man diese Formel, s. (32, f) so schreiben:

$$\sigma = \lambda_0 + K_1\Phi + K_2\Phi^2 + K_3\Phi^3 + \ldots + K_m\Phi^m + \ldots\ldots\ldots \quad (48)$$

wo das Glied $K_{m-1}\,\Phi^{m-1}$ herrührt von der Gruppe additiver Glieder m^{ter} Ordnung in der Differentialgleichung.

Eine einfache Betrachtung wird uns nun zu einem wichtigen Aufschluss führen über diejenigen Werthe von m, welche in gewissen Fällen allein auftreten können. Es möge (48) den Werth von σ vorstellen als Function der ersten der beiden in Betracht kommenden Schwingungsbögen, wenn die erste Elongation nach der positiven Seite erfolgt ist. Findet

nun die erste Elongation nach der entgegengesetzten Seite statt, so wird σ als Function von Φ von der Form sein:

$$\sigma = \lambda_0 - K_1\Phi + K_2\Phi^2 - K_3\Phi^3 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (49)$$

Dieser Werth von σ unterscheidet sich beträchtlich von (48) und wir erhalten das Resultat:

Allgemein ist der Werth des logarithmischen Decrementes ein verschiedener je nach der Richtung der ersten Elongation.

Besitzt der Dämpfer keine verticale Symmetrieebene, so dürfte diese Ungleichheit in allen Fällen auftreten, welche Stellung wir dem Dämpfer auch geben mögen.

Nehmen wir aber nun an, *dass der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt*, was wohl meistentheils der Fall sein dürfte. Dann lässt sich unzweifelhaft derselbe so aufstellen, dass das logarithmische Decrement unabhängig wird von der Richtung der ersten Elongation und zwar wird dies erreicht sein, wenn jene Symmetrieebene zusammenfällt mit der Ebene des magnetischen Meridianes. Ist dies erreicht, so werden (48) und (49) unter einander gleich. Es muss also nothwendig

$$K_1 = K_3 = K_5 = \text{etc.} = 0$$

sein. Dies zeigt, dass für m die geraden Werthe nicht vorkommen, dass also in der Differentialgleichung unmöglich additive Glieder von der zweiten, vierten etc. Ordnung auftreten können. Es bleibt also

$$m = 3,\ 5 \text{ etc.}$$

und es wird

$$\sigma = \lambda_0 + K_2\Phi^2 + K_4\Phi^4 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (49, a)$$

Vernachlässigen wir die Glieder 5^{ter} Ordnung, so bleibt $m = 3$ und es gelten alle Formeln der §§ 11 und 12. Nimmt man insbesondere an, dass die Gleichung (45, a) der Bewegung zu Grunde liege — eine jedenfalls sehr wahrscheinliche Annahme — so gelten die Formeln, welche in den §§ 11 und 12 aufgestellt sind; für p_2, q_2 und r_2 sind die Werthe (45, b), (45, d) und (45, e) einzusetzen.

Wir wollen das so eben erhaltene wichtige Resultat noch einmal zusammenfassen:

Hat der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene und fällt dieselbe mit der Ebene des magnetischen Meridianes zusammen, was sich dadurch manifestirt, dass das logarithmische Decrement σ unabhängig wird von der Richtung der ersten Elongation, so können in der Differentialgleichung keine Glieder von gerader Ordnung vorhanden sein. Vernachlässigt man Glieder von der fünften Ordnung so bleiben nur additive Glieder von der Ordnung $m = 3$. Es gelten dann die Formeln der §§ 11 *und* 12, *insbesondere* (38, a) *bis* (38, k), (39, a), (39, b), (40), (40, a) *und* (40, b). *Nimmt man an, es gelte* (45, a), *so haben die in jenen Formeln auftretenden Constanten die Werthe* (45, b), (45, d) und (45, e).

Aber selbst wenn man die letzte Annahme nicht macht verbleiben in den Formeln nur die drei unbestimmten Constanten p_2, q_2 und r_2, von denen die erste nicht in den practisch wichtigen Formeln auftritt. Wir können also kurz sagen:

Hat der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene, so lässt sich die Zahl der unbestimmten Constanten in allen practisch wichtigen Formeln auf zwei reduciren.

Speciell für das logarithmische Decrement σ erhalten wir aus (38, e):

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= \lambda_0 + K_2 \Phi^2 \\ K_2 &= \frac{(1+e^{-3\lambda_0})(1-e^{-\lambda_0})}{(1+e^{-\lambda_0})^2} q_2 = \frac{(1+e^{-3\sigma})(1-e^{-\sigma})}{(1+e^{-\sigma})^2} q_2 \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (50)$$

Ist die obige Bedingung in Bezug auf das Vorhandensein oder die richtige Einstellung der Symmetrieebene nicht erfüllt, so muss man die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt}\left(1 + a\varphi + b\varphi^2 + \ldots\right) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \ldots\ldots\ldots (50, \text{a})$$

zu Grunde legen. *Wir wollen in diesem Falle*

$$1 + a\varphi + b\varphi^2 + \ldots.$$

die Dämpfungsfunction nennen.

Cap. III.

Ueber die Bestimmung des logarithmischen Decrementes.

§ 17.

I. Vorzug des Decrementes σ vor dem Decremente λ.

In allen obigen corrigirten Formeln gehen gewisse Constanten ein, deren Werthe sich nur dann mit Sicherheit berechnen liessen, wenn die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten gegeben wäre. Dies ist nie der Fall. Könnte man nun aber durch irgend welche experimentelle Untersuchungen jene Constanten *empirisch* bestimmen, so hätte man dadurch die Kenntniss aller Correctionsglieder zu allen vorkommenden Formeln erreicht.

Wir werden im Weiteren übrigens fast nur von den Constanten q_m und r_m sprechen. Die Constanten p_m, welche nur in Formeln eingehen die auf ganze oder halbe Schwingungszeiten Bezug haben, dürften einerseits wohl kaum empirisch zu bestimmen sein; andererseits dürfte ihre Kenntniss wohl schwerlich oft nothwendig werden. Für den Fall, dass man berechtigt ist eine Gleichung von der Form (50, a) anzunehmen, lassen sich übrigens die p_m sofort berechnen, wenn die q_m oder r_m gefunden sind, wie man aus (45) und (47) sieht

Der einfache Grundgedanke, der uns bei der Bestimmung der Constanten leiten muss, ist folgender. Wir haben im § 9 für eine Menge von Grössen allgemeine Ausdrücke aufgestellt, in welchen jene Grössen als algebraische Functionen der Bögen Φ oder auch der Elongationen θ sich darstellten; in die Coefficienten der erwähnten Functionen gingen jene Constanten ein. Wenn wir nun empirisch durch directe Beobachtung irgend zwei jener Grössen als algebraische Functionen von θ oder Φ bestimmen könnten, d. h. die Werthe jener Coefficienten annähernd aufzusuchen im Stande wären, so würden uns dadurch sämmtliche gesuchten Constanten q_m und r_m bekannt werden, so gross auch ihre Anzahl sein mag. So würde z. B. eine empirisch bestimmte Abhängigkeit des Decrementes σ von Φ sofort die sämmtlichen q_m geben, wie man aus (32, e) sieht. Zur Bestimmung der r_m müsste dagegen eine andere Grösse empirisch untersucht werden.

Liegt der Bewegung des Magneten die Gleichung (50, a) *zu Grunde, so genügt die, durch die Untersuchung des Decrementes erlangte Kenntniss der Constanten q_m um sofort auf Grund der Formeln* (45), (47) *und ähnlicher ohne Mühe abzuleitender, auch die Werthe der Constanten r_m zu berechnen.*

Wir werden im Weiteren zwei Arten von Dämpfern unterscheiden: 1) solche, in welchen die dämpfende Wirkung ausgeht von grösseren oder kleineren Metallmassen, die aus ganzen Stücken bestehen — wir werden sie *Massen-Dämpfer* nennen; 2) solche, in welchen ein dicker, in vielfachen Windungen den Magneten umgebender Draht zugleich als Multiplicator und als Dämpfer dient — wir werden sie *Draht-Dämpfer* nennen. Derartige Dämpfer sind z. B. bei Inductions-Inclinatorien im Gebrauche. Ausserdem werden wir aber noch gemischte Dämpfer, die sowohl Massen, als auch Draht enthalten, erwähnen. Die wichtigste Quelle zur Bestimmung der Constanten ist das logarithmische Decrement. Beim idealen Dämpfer, bei welchem die dämpfende Kraft unabhängig ist von dem Azimuth, zeigt das Decrement eine nur sehr geringe Abhängigkeit von der Grösse des ersten Schwingungsbogens Φ — die Variation des Decrementes ist berechnet in (18, d), sie beträgt für $\theta = 4{,}5^0$ nur einige Einheiten in der vierten Decimalstelle und zeigt, dass mit wachsendem Φ auch σ wächst, s. (16, i). In Wirklichkeit wird aber meistentheils eine unvergleichlich grössere und entgegengesetzt gerichtete Veränderung von σ mit wachsendem Φ beobachtet.

Im Winter 1879—80 sind im physicalischen Cabinet der Akademie mit Genehmigung des Herrn Director Wild an einem Massen-Dämpfer, der eine verhältnissmässig sehr geringe Variation des Decrementes zeigte, verschiedene Methoden zur sichern und schnellen Bestimmung des Decrementes versucht worden. Dieselben führten zu einer genauen Fixirung der gesuchten Methode und der Vorsichtsmassregeln, welche bei Benutzung derselben nicht ausser Acht zu lassen sind. Die erwähnten, ganz unumgänglichen Vorsichtsmassregeln sind es nun, welche wir jetzt ausführlich darlegen wollen. Die wichtigste Regel, die gleich nach dem ersten Versuche das Decrement λ als Function der Elongation zu bestimmen, in's Auge sprang ist folgende:

Man darf nie das Decrement $\lambda \left(= \lg \frac{\Theta_1}{\Theta_2}\right)$, *sondern soll stets einzig und allein nur das Decrement* $\sigma \left(= \lg \frac{\Phi_1}{\Phi_2}\right)$ *in die Formeln einführen und durch directe Beobachtung zu bestimmen suchen. Letzteres lässt sich unvergleichlich genauer bestimmen als ersteres.* Der Grund liegt darin, dass zur Berechnung von λ eine genaue Kenntniss der Ruhelage erforderlich ist, die völlig genau zu bestimmen äusserst schwierig und im höchsten Grade zeitraubend ist. Der geringste Fehler in der Bestimmung der Ruhelage hat einen weit grösseren Einfluss auf die zu berechnende Grösse λ, als ein Fehler in der Bestimmung der äussersten Lage (des Umkehrpunctes) einen Einfluss hat auf die zu berechnende Grösse σ.

Wir wollen dies an einem Zahlenbeispiele klarmachen. Es sei die Entfernung ε von Scala und Spiegel gleich 4000 Scalentheilen. Die Schwingungszeit nicht weniger als 8 Secunden. Für die Θ und Φ wollen wir einfach die entsprechende Anzahl von Scalentheilen nehmen. Das Verhältniss zweier aufeinanderfolgenden Elongationen sei nahe 2. — Drei aufeinanderfolgende Elongationen seien: $\Theta_1 = 500$; $\Theta_2 = 250$ und $\Theta_3 = 125$.

Wir haben dann:

$$\lambda = \lg\left(\frac{\Theta_1}{\Theta_2}\right) = \lg\frac{500}{250} = \lg 2$$

und

$$\sigma = \lg\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \lg\frac{\Theta_1+\Theta_2}{\Theta_2+\Theta_3} = \lg\frac{750}{375} = \lg 2.$$

Nehmen wir ferner an, jede einzelne Ablesung könne gemacht werden genau bis 0,1 Scalentheil — sowohl die Ablesungen bei Bestimmung der äussersten Lagen als auch bei Bestimmung der Ruhelage. Erstere Zahlen sind bei der festgesetzten unteren Grenze für die Schwingungszeit nicht zu klein; bei der Bestimmung der Ruhelage ist aber ein Fehler von 0,3 wahrscheinlicher als ein Fehler von 0,1 bei den Ablesungen der äussersten Lagen. Auch ist wohl zu bemerken, *dass die letzteren Fehler von einer gewissen subjectiven Erkenntniss*, dass die betreffende Beobachtung nicht genau war, *begleitet sind* — was bei den ersteren nicht im Entferntesten der Fall ist. Entweder man täuscht sich, indem man glaubt der Magnet sei bereits in Ruhe, während er in Wirklichkeit noch sehr kleine, bei grosser Schwingungszeit kaum merkbare Bewegungen ausführt oder die richtig beobachtete Ruhelage ist nicht mehr die, welche der Zeit, als die Schwingung beobachtet wurde, entsprach.

Wir wollen nun berechnen, welchen Einfluss ein Beobachtungsfehler von 0,1 Scalentheil auf die Grössen λ und σ haben kann.

Es ist

$$\Delta\lambda = \frac{\Theta_2\Delta\Theta_1 - \Theta_1\Delta\Theta_2}{\Theta_1\Theta_2}$$

$$\Delta\sigma = \frac{\Phi_2(\Delta\Theta_1 + \Delta\Theta_2) - \Phi_1(\Delta\Theta_2 + \Delta\Theta_3)}{\Phi_1\Phi_2}.$$

Es soll nun im Folgenden die Abkürzung «*beobachtet wird* λ» oder «*beobachtet wird* σ» soviel bedeuten, wie: es wird aus den Beobachtungen λ oder σ berechnet. Factisch be-

obachtet werden natürlich nur die Scalenwerthe bei den äussersten Elongationen und ausserdem eventuell der Scalenwerth bei der Ruhelage.

A) Beobachtet wird λ; Fehler von 0,1 bei der Beobachtung der ersten Elongation θ_1. Es ist

$$\pm \Delta\lambda = \frac{\Delta\Theta_1}{\Theta_1} = \frac{0{,}1}{500} = 0{,}0002.$$

B) Beobachtet λ; Fehler bei θ_2. Es ist

$$\pm \Delta\lambda = \frac{\Delta\Theta_2}{\Theta_2} = \frac{0{,}1}{250} = 0{,}0004.$$

C) Beobachtet λ; Fehler von 0,1 bei Bestimmung der Ruhelage; es ist in diesem Falle $\Delta\theta_1 = -\Delta\theta_2 = \pm 0{,}1$; also

$$\pm \Delta\lambda = 0{,}1 \left\{ \frac{1}{500} + \frac{1}{250} \right\} = 0{,}0006.$$

D) Beobachtet σ; Fehler von 0,1 bei Beobachtung von θ_1;

$$\pm \Delta\sigma = \frac{\Delta\theta_1}{\Phi_1} = \frac{0{,}1}{750} = 0{,}00013.$$

E) Beobachtet σ; Fehler von 0,1 bei θ_2; es ist

$$\pm \Delta\sigma = 0{,}1 \left\{ \frac{1}{375} - \frac{1}{750} \right\} = 0{,}00013.$$

F) Beobachtet σ; Fehler von 0,1 bei θ_3; es ist

$$\pm \Delta\sigma = \frac{0{,}1}{375} = 0{,}00029.$$

Vergleicht man die so erhaltenen Zahlen, so sieht man, dass wenn bei der Bestimmung von σ bei *allen drei* Ablesungen Fehler von 0,1 gemacht würden und zwar so, dass ihre Wirkungen sich summiren, würde doch ein geringerer Fehler in der zu beobachtenden Grösse σ entstehen, als in der Grösse λ, wenn wir nur bei Bestimmung der Mittellage einen Fehler von 0,1 begehen. — Aber auch die Fehler bei Bestimmung der äussersten Elongationen wirken viel stärker auf λ als auf σ; besonders wichtig ist es, dass im Fall *E* der Fehler nicht gross ist, was daher kommt, dass er in gleicher Richtung auf Φ_1 und Φ_2 wirkt. — Im Fall *F* ist der angenommene Fehler von 0,1 unwahrscheinlich, da der Magnet jedenfalls sich schon ziemlich langsam bewegt.

Fasst man Alles, auch das oben von der subjectiven Fehlererkenntniss Gesagte zusammen, und bedenkt, dass es unzweifelhaft wahrscheinlicher ist im Falle *C* einen Fehler von 0,2 — 0,3 Scalentheilen als bei Ablesung der äussersten Elongationen einen von 0,1 zu begehen, so darf man wohl sagen, dass bei gleicher Beobachtungsschärfe man es leicht riscirt,

bei der Bestimmung des Decrementes λ einen fast zehn Mal grösseren Fehler zu begehen als bei der Bestimmung des Decrementes σ.

Wir werden späterhin sehen, wie wichtig es ist auf das Genaueste den Werth eines der beiden Decremente zu kennen — man darf dazu nur σ wählen.

§ 18.

II. Ueber die Berechnung des Decrementes σ.

Man hat *zuerst* nicht den natürlichen, sondern *den Brigg'schen Logarithmus* des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden ganzen Bögen zu berechnen. Wir bezeichnen ihn durch Lg und das so berechnete Decrement durch σ_g und wollen nun zeigen, wie man zu verfahren hat um schnell und genau die Grösse σ_g zu berechnen.

Es seien A, B und C die drei Puncte auf der Scala, an welchen nach einander drei Ablesungen stattgefunden haben. Die Strecke AB enthalte S_1, die Strecke BC dagegen S_2 Scalentheile; S_1 und S_2 sind also die beiden direct der Beobachtung entnommenen Grössen. Sei ferner 0 der Punct auf der Scala, welcher der optischen Axe des Fernrohrs entspricht; $0A = s_1$, $0B = s_2$, $0C = s_3$; $S_1 = s_1 + s_2$ und $S_2 = s_2 + s_3$.

Ferner seien θ_1, θ_2 und θ_3 die entsprechenden Elongationen, $\Phi_1 = \theta_1 + \theta_2$ und $\Phi_2 = \theta_2 + \theta_3$ die ganzen Bögen. Die vorläufig gesuchte Grösse ist

$$\sigma_g = Lg \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = Lg \frac{\theta_1 + \theta_2}{\theta_2 + \theta_3}.$$

Wir haben aber

$$\operatorname{tg} 2\theta_1 = \frac{s_1}{c}; \operatorname{tg} 2\theta_2 = \frac{s_2}{c} \text{ und } \operatorname{tg} 2\theta_3 = \frac{s_3}{c}.$$

Wollten wir nun erst jede der drei Elongationen θ_1, θ_2 und θ_3 berechnen; hierauf durch Addition die Bögen Φ_1 und Φ_2 und dann σ_g, so würde die Berechnung eines jeden einzelnen Decrementes eine langwierige, zeitraubende Arbeit sein. Zum Glück kann man eine Formel ableiten, welche uns die Möglichkeit giebt aus den beobachteten S_1 und S_2 ohne jede Weitläufigkeit sofort das Decrement σ_g zu berechnen. Die Ableitung dieser Formel wird sich auf den wichtigen Umstand stützen, dass bei der Zertheilung von Φ_1 in die zwei Bögen θ_1 und θ_2 die oben mit 0 bezeichnete Mittellage nur ganz ohngefähr bestimmt zu werden braucht, so dass hiebei ein Fehler von 10 ganzen Scalentheilen auf den Werth der Summe $\Phi_1 = \theta_1 + \theta_2$ fast ohne Einfluss ist.

Es sei nun p der *ohngefähre* Werth des Verhältnisses $\frac{\Phi_2}{\Phi_1}$, ein echter Bruch, der nur auf zwei Decimalstellen genau berechnet zu werden braucht, also eine für den gegebenen Dämpfer völlig constante Zahl. Wir können nun ohne Weiteres setzen:

$$S_1 = s_1 + s_2 \text{ und } s_2 = p s_1,$$

d. h.

$$s_1 = \frac{S_1}{p+1} \text{ und } s_2 = \frac{pS_1}{p+1}.$$

Ferner ist

$$\operatorname{tg} 2\theta_1 = \frac{s_1}{\varepsilon} = \frac{S_1}{\varepsilon(p+1)}; \quad \operatorname{tg} 2\theta_2 = \frac{pS_1}{\varepsilon(p+1)};$$

folglich, da allgemein:

$$\operatorname{tg}\alpha = \tfrac{1}{2}\operatorname{tg} 2\alpha - \tfrac{1}{8}\operatorname{tg}^3 2\alpha + \ldots,$$

$$\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{S_1}{2\varepsilon(p+1)} - \frac{S_1^3}{8\varepsilon^3(p+1)^3} \text{ und } \operatorname{tg}\theta_2 = \frac{pS_1}{2\varepsilon(p+1)} - \frac{p^3S_1^3}{8\varepsilon^3(p+1)^3}.$$

Also

$$\operatorname{tg}\Phi_1 = \operatorname{tg}(\theta_1 + \theta_2) = \frac{\frac{S_1}{2\varepsilon} - \frac{S_1^3(1+p^3)}{8\varepsilon^3(1+p)^3}}{1 - \frac{pS_1^2}{4\varepsilon^2(1+p)^2}} =$$

$$= \frac{S}{2\varepsilon}\left\{1 - \frac{1+p^3}{(1+p)^3}\frac{S_1^2}{4\varepsilon^2}\right\}\left\{1 + \frac{p}{(1+p)^2}\frac{S_1^2}{4\varepsilon^2}\right\} =$$

$$= \frac{S_1}{2\varepsilon}\left\{1 - \frac{1+p^3-p-p^2}{(1+p)^3}\frac{S_1^2}{4\varepsilon^2}\right\} = \frac{S_1}{2\varepsilon}\left\{1 - \left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2\frac{S_1^2}{4\varepsilon^2}\right\}.$$

Hieraus berechnen wir den Bogen Φ_1 nach der Formel

$$\alpha = \operatorname{tg}\alpha - \tfrac{1}{3}\operatorname{tg}^3\alpha$$

und erhalten

$$\Phi_1 = \frac{S_1}{2\varepsilon} - \left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2\frac{S_1^3}{8\varepsilon^3} - \frac{S_1^3}{24\varepsilon^3},$$

oder endlich

$$\Phi_1 = \frac{S_1}{2\varepsilon}\left\{1 - \left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{S_1^2}{4\varepsilon^2}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (51, \text{a})$$

Zu practischen Ausrechnungen kann die hieraus folgende Formel:

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{Lg}\Phi_1 &= \operatorname{Lg}\frac{S_1}{2\varepsilon} - \gamma S_1^2 \\ \gamma &= \left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{m}{4\varepsilon^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (51, \text{b})$$

dienen, wo m den Factor bedeutet, mit welchem ein natürlicher Logarithmus zu multipliciren ist, um den entsprechenden Brigg'schen zu erhalten; also $\operatorname{Lg} m = 0{,}63778 - 1$.

Entsprechend (51, a) erhalten wir nun ferner:

$$\Phi_2 = \frac{S_2}{2\varepsilon}\left\{1 - \left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{S_2^2}{4\varepsilon^2}\right\}.$$

Hieraus:

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{S_1}{S_2}\left\{1 - \left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{S_1^2 - S_2^2}{4\varepsilon^2}\right\}.$$

Setzen wir nun im zweiten Gliede innerhalb der Klammern $S_2 = S_1 p$, so erhalten wir

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{S_1}{S_2}\left\{1 - \frac{1-p^2}{4\varepsilon^2}\left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]S_1^2\right\}.$$

Nehmen wir zuerst den natürlichen Logarithmus und multipliciren dann mit m, so erhalten wir

$$\left.\begin{aligned} \sigma_g &= \mathrm{Lg}\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_2} - \alpha S_1^2 \\ \alpha &= \frac{m(1-p^2)}{4\varepsilon^2}\left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right] \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (51, \mathbf{c})$$

In dieser Formel ist α eine für jeden Dämpfer ein für allemal zu berechnende Constante, deren Werth höchstens auf zwei Decimalstellen genau gekannt und in die Rechnung eingeführt zu werden braucht. Beim Aufsuchen von S_1^2 in den Quadrattabellen genügt es ferner völlig, wenn man die ersten 4 oder 5 Ziffern abschreibt. Natürlich muss man aber vorher wissen, welchen Decimalwerth das erhaltene Product αS_1^2 hat.

Beispielsweise war bei der Untersuchung des einen Dämpfers im physicalischen Cabinet der Akademie $\varepsilon = 4212$. Irgendeinmal wurden beobachtet die Schwingungen:

$$S_1 = 1292{,}4 \text{ und } S_2 = 867{,}1.$$

Dies giebt

$$\gamma = 0{,}0000000023$$

und

$$\alpha = 0{,}00000000126 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (51, \mathbf{d})$$

Wir wollen nun an einem Beispiel die Berechnung des Decrementes σ_g zeigen.

Es seien

$$6{,}1 \qquad 1296{,}0 \qquad 430{,}8$$

die drei an der Sclala abgelesenen Zahlen.

Dann ist

$S_1 = 1289{,}9$		$S_2 = 865{,}2$	
$\mathrm{Lg}\, S_1 = 3{,}11056$	$-$	$S_1^2 = 1664\ldots \times 126$	
$\mathrm{Lg}\, S_2 = 2{,}93712$		9984	
$0{,}17344$	$-$	3328	
Correction 21		1664	
$\sigma_g = 0{,}1713$		Correction 21	

Wir wollen dieser so kurzen Berechnung jetzt die oben erwähnte, directe, *nicht auf der Formel* (51, c) *basirte*, Rechnung gegenüberstellen. Die Mitte befand sich bei der Zahl 786.

	786,0	1296,0	786,0
	6,1	786,0	430,8
	$s_1 = 779{,}9$	$s_2 = 510{,}0$	$s_3 = 355{,}2$
$\mathrm{Lg}\, s_1 = 2{,}892039$		2,707570	2,550473
$\mathrm{Lg}\, \varepsilon = 3{,}624488$	—	3,624488	3,624488
$\mathrm{Lg\,tg}\, 2\vartheta_1 = 9{,}267551$		9,083082	8,925985
	497	09	00
	540	730	850
$2\vartheta_1 = 10°29'15''$		$6°54'14''$	$4°49'13''$
$+ \quad 2\vartheta_2 = 6°54'14''$		$4°49'13''$	
$2\Phi_1 = 17°23'29''$		$11°43'27'' = 2\Phi_2$	

$\Phi_1 = 8°41'45''$ $\quad \Phi_2 = 5°51'44''$

0,139626	0,087267
11926	14835
218	213
$\Phi_1 = 0{,}151770$	$\Phi_2 = 0{,}102315$

$\mathrm{Lg}\, \Phi_1 = 0{,}18121 - 1$ |
$\mathrm{Lg}\, \Phi_2 = 0{,}00992 - 1$ | —

$\sigma_g = 0{,}1713$

§ 19.

Vorsichtsmassregeln beim Bestimmen des logarithmischen Decrementes.

III. Die Scala.

Die äusserste, penibelste Aufmerksamkeit ist der Untersuchung der Scala zuzuwenden und der wahre Scalenwerth jedes Theilstriches ist zu bestimmen. Diese Bestimmung darf sich nicht auf die Mitte der Striche beziehen, sondern auf dasjenige Ende derselben, welches den verkehrt geschriebenen Zahlen zugewendet ist — denn an diesem Ende findet unwillkürlich die Ablesung statt.

Hat man die Scala geprüft und nöthigenfalls eine Reductionstabelle zusammengestellt, so dürfte es vielleicht nicht überflüssig sein mit Hülfe der folgenden zwei Methoden sich von der Richtigkeit der erhaltenen Tabelle zu überzeugen. *Erstens* verschiebe man die Scala soviel nach einer Seite, dass in die Mitte des Sehfeldes ein Punct gelange der um $\frac{1}{3}$ vom Ende der Scala entfernt sei. Nun bestimme man auf die weiter unten genauer erläuterte Weise das Decrement σ für die grösste bei dieser Lage der Scala zu beobachtende Schwingung. Hierauf verschiebe man die Scala symmetrisch nach der entgegengesetzten Seite und beobachte dasselbe Decrement σ bei genau denselben Schwingungsbögen und bei derselben Richtung der ersten Elongation. Man wird jetzt ganz andere Scalenwerthe anzuschreiben haben und doch muss der erhaltene Werth für σ derselbe sein, wie zuerst.

Zweitens stelle man die Scala in ihre normale Lage und bestimme das Decrement σ bei möglichst grosser erster Elongation. Hierauf drehe man die Scala um. Im Fernrohr erblickt man jetzt die Zahlen verkehrt und fortlaufend von rechts nach links; nach kurzer Uebung lernt man es, auch bei solcher Stellung Ablesungen zu machen. Bestimmt man jetzt wieder das Decrement σ bei demselben Bogen und derselben Richtung der ersten Elongation, so muss auch der frühere Werth für dasselbe erhalten werden.

Behufs besserer Erleuchtung ist der Versuch gemacht worden zu beobachten bei geneigter Stellung der Scala; es erwies sich als unmöglich hiebei denselben Grad von Genauigkeit zu erhalten, wie bei verticaler Stellung der Scala. Der Grund liegt darin, dass im Fernrohre die Striche der Scala geneigt erscheinen und zwar gegen die Enden hin immer stärker. Unwillkürlich macht man nun nicht jedesmal in derselben Höhe der Theilstriche die Ablesungen, wodurch natürlich die Beobachtungen fehlerhaft werden.

Ueber die Prüfung der Glasscalen ist Folgendes zu bemerken. Hat man zwei Scalen, so kann man sie durch Aufeinanderlegen in zwei entgegengesetzten Richtungen prüfen; doch muss man dabei sehr wohl beachten, dass nicht etwa blos die Mitten der Linien zusammenfallen, während die Enden auseinandergehen. Ferner, und dies ist von grösster Wichtigkeit, darf man sich nicht damit begnügen die Scalen so aufeinanderzulegen, dass die Enden zusammen fallen; man verschiebe vielmehr, nachdem dies geschehen, die obere Scale um 10, dann 20, 30 etc. Scalentheile, wobei es geschehen kann, dass unerwarteterweise bedeutende Abweichungen zu Tage treten.

IV. Gleichzeitige Beobachtung eines Declinatoriums.

Vielfache Versuche zeigten, dass es eine conditio sine qua non ist, dass während der Versuche in der Nähe noch irgend ein beliebiger als Declinatorium dienender anderer Magnet beobachtet werde, dass nur diejenigen Beobachtungen als gültig angenommen werden, während welcher dieser Hülfsmagnet sich in vollkommener Ruhe befand. — Ist die Schwingungszeit des Magneten im Dämpfer mehr als 12^{sec}, so ist es unschwer gleichzeitig den Dämpfer und das Declinatorium zu beobachten; am Besten ist es, wenn hierbei die

zwei Fernröhre etwa unter rechtem Winkel und so nah bei einander aufgestellt werden, dass ein Beobachter, ohne aufstehen zu müssen, abwechselnd in die Fernröhre hineinsehen kann. Ist dies aber unmöglich, so muss ein zweiter Beobachter die Bewegungen des Magneten im Declinatorium verfolgen. Eine Zeitlang wurden die Beobachtungen so gemacht, dass bei jeder angeschriebenen Zahl ein Zeichen beigefügt wurde, welches abgekürzt «mittelmässig», «gut» oder «vorzüglich» bedeutete. Als Richtschnur bei der Wahl des Zeichens diente erstens, ob der andere Beobachter geringe, fast unmerkbare oder absolut gar keine Bewegung am Hülfsmagnet wahrgenommen hatte und zweitens die subjective Erkenntniss von dem Grade der Genauigkeit der Beobachtung. Als nun später auf Grund der Formel (51, c) die σ_g berechnet wurden, zeigten sich grosse Unterschiede zwischen den Resultaten aller der Beobachtungen bei welchen «mittelmässig» oder «gut» bedeutende Zeichen standen, während die Beobachtungen, bei welchen das Zeichen «vorzüglich» stand, für σ_g Werthe ergaben, die oft nur um 1—2 Einheiten in der vierten Decimalstelle sich von einander unterschieden. In der Folge wurde daher überhaupt nur beobachtet, wenn der Hülfsmagnet des Declinatoriums keine merkbare Bewegung zeigte und nur die Beobachtungen bis zu Ende geführt, während welcher jener Magnet auch in Ruhe verblieb, d. h. bei den Beobachtungen in Pawlowsk sich nicht um 2″ verrückte. Ist der Magnet im Declinatorium unruhig d. h. bewegt er sich unregelmässig hin und her, so müssen die Beobachtungen aufgeschoben werden, da es undenkbar ist, in solcher Zeit gute Beobachtungen zu machen. Am ruhigsten scheint der Magnet bei uns (am Tage) von 2 Uhr bis 7 Uhr Nachmittags zu sein. Es kam vor, dass im Laufe von 15 Minuten keine Declinationsänderung von 2 Sec. stattfand. Doch scheint dies selten vorzukommen und darf besonders während der bevorstehenden Periode der grössten magnetischen Unruhen nicht häufig erwartet werden; gewöhnlich wechseln kleine Bewegungen mit vollständigen Ruhepausen. Diese Letzteren müssen abgewartet werden, um während derselben eine oder mehrere Beobachtungen auszuführen, wobei aber diejenigen Beobachtungen zu verwerfen sind, während welcher der Magnet merkbar sich bewegte. Allerdings ist diese Beobachtungsweise mit grossem Zeitverluste verknüpft, dafür ist aber das Resultat ein überaus günstiges. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich gute Beobachtungen ansammeln, hängt also ab von der Ruhe des Magneten im Declinatorium. An einem der Beobachtungstage sind z. B. nur 10 Beobachtungen in einer Stunde gemacht worden, während an einem andern 10 Beobachtungen in 15 Minuten und im Ganzen 57 Beobachtungen in 1 Stunde 40 Minuten.

Zur genauen Bestimmung des logarithmischen Decrementes genügen 4—6 Beobachtungen, ausgeführt bei vollständiger Ruhe des Magneten im Declinatorium.

§ 20.

Beobachtungsmethoden bei der Bestimmung des logarithmischen Decrementes.

V. Bestimmung von σ_g, welches einem gegebenen Φ entspricht.

Um das logarithmische Decrement σ_g, welches einem bestimmten ersten Schwingungsbogen Φ entspricht, zu finden, hat man den Magnet mehrmals hintereinander bis zu einer und derselben Elongation abzulenken. Es ist durchaus zu rathen, bei jeder Beobachtung nicht mehr als drei Ablesungen zu machen, d. h. zwei auf einander folgende Bögen zu bestimmen und dann jedesmal wieder den Magnet durch geeignet gerichteten Strom schnell beinahe zu beruhigen, ehe man ihn von Neuem um denselben Bogen ablenkt. Zum Ablenken wird ein galvanischer Strom benuzt, den der Beobachter am Fernrohr öffnen und schliessen und dessen Richtung er ändern kann. Die Stärke dieses Stromes muss so regulirt werden, dass der Magnet durch ihn bequem — nicht zu rasch! — bis an das Ende der Scala abgelenkt werden kann; so zwar, dass sich die Ruhelage des Magneten unter dem Einfluss des Stromes noch innerhalb der Scala, aber nahe am Ende (etwa $\frac{1}{8}$ vom Ende) derselben befindet. Um eine vorher bestimmte Elongation zu erreichen, ist der Strom an einer gewissen Stelle der beobachteten, vorübergehenden Scala zu öffnen. Bewegt sich der Magnet so langsam, dass die Scala während der Bewegung nicht aufhört deutlich sichtbar zu sein, so genügt es, sich den Theilstrich zu merken, an welchem der Strom zu öffnen ist. Bewegt sich aber der Magnet so rasch, dass die Scala aufhört sichtbar zu sein, so hat man an derjenigen Stelle derselben, bei deren Vorübergehen der Stromkreis zu öffnen ist, ein besonderes Zeichen anzubringen. Am Besten ist hierzu ein hakenförmig umgebogener schwarzer Papier- oder Blechstreifen, der an der betreffenden Stelle über die Scala gehängt wird. Diese Stelle ist so zu wählen, dass der Magnet nach der Oeffnung des Stromes noch etwa 30 Scalentheile weitergeht. Hat man die Beobachtung, unter genauer Berücksichtigung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln, etwa 5 Mal wiederholt, so erhält man ebensoviel Werthe für S_1 und S_2, welche sich um nicht mehr als 3 % von einander unterscheiden dürfen. Wir berechnen die Mittelwerthe aller S_1 und aller Log $\frac{S_1}{S_2}$, welche wir einfach mit S_1 und Log $\frac{S_1}{S_2}$ bezeichnen wollen; von der letzteren Grösse subtrahiren wir erst αS_1^2, um σ_g zu erhalten, s. (51, c). Die Grösse α muss von vorn herein für einige Werthe des Bruches p berechnet werden, welche bei den verschiedenen Stellungen des Dämpfers auftreten können. Schwerlich dürfte es hiebei je nöthig werden, mehr als 2 bis 3 Werthe von α zu berechnen.

VI. Bestimmung von σ_0, des Decrementes bei unendlich kleinen Schwingungen.

Bei unendlich kleinen Schwingungen werden die Decremente σ und λ untereinander gleich und ihren gemeinsamen Werth haben wir bisher durch λ_0 bezeichnet. Von jetzt ab wollen wir aber diese Grösse durch σ_0 bezeichnen; sie ändert sich mit der relativen Lage von Magnet und Dämpfer. — Durch λ_0 sei der grösste unter den Werthen von σ_0 bezeichnet, welcher dem Falle entspricht, dass der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt und diese Ebene mit dem magnetischen Meridiane zusammenfällt.

Um bei einer gegebenen Lage des Dämpfers die Grösse σ_0 zu finden, hat man vier Werthe des Decrementes σ zu bestimmen, welche vier Werthen des Schwingungsbogens entsprechen, die wir durch Φ_1, Φ_2, Φ_3 und Φ_4 bezeichnen wollen: Φ_1 sei ein grosser positiver, Φ_2 ein kleiner positiver, Φ_3 ein grosser negativer und Φ_4 ein kleiner negativer Bogen. Die entsprechenden Decremente seien σ_1, σ_2, σ_3 und σ_4 — oder die Brigg'schen: $\sigma_{g'1}$, $\sigma_{g'2}$, $\sigma_{g'3}$ und $\sigma_{g'4}$. Ist die dämpfende Kraft nicht zu stark und nicht zu schwach, d. h. σ etwa zwischen 0,6 und 1, so werden alle vier Decremente schnell und leicht erhalten: man hat den Magneten nach der positiven Seite so weit als thunlich abzulenken und *vier* aufeinanderfolgende Umkehrpuncte zu beobachten — man erhält drei Bögen; die Logarithmen der Verhältnisse derselben sind offenbar σ_1 und σ_4. Eine ebensolche Ablenkung nach der negativen Seite giebt σ_3 und σ_2. — Um die weiteren Ausrechnungen in hohem Grade zu vereinfachen, ist es durchaus nöthig, dass die positiven und negativen Bögen möglichst gleich gemacht werden, d. h. dass $\Phi_3 = -\Phi_1$ und $\Phi_4 = -\Phi_2$ sei. Um dies zu erreichen hängt man nahe den beiden Enden der Scala zwei Zeichen auf und überzeugt sich, dass bei entsprechenden Ablenkungen die Bögen (d. h. die Anzahl der Scalentheile) ungefähr gleich werden. Man thut am Besten, wenn man beim Beobachten die Richtungen der Ablenkungen abwechseln läst. Ist $\sigma < 0{,}6$, so unterscheiden sich σ_3 und σ_4 zu wenig von σ_1 und σ_3, als dass der Uebergang zu σ_0 bequem ausgeführt werden könnte. Ist gagegen $\sigma > 1$, so wird beim Beobachten von vier Umkehrpuncten, der dritte Bogen zu klein, so dass es unmöglich wird die Decremente σ_2 und σ_4 genau zu bestimmen. In diesen Fällen hat man nach der positiven oder negativen Ablenkung nur je drei Umkehrpuncte zu beobachten, wodurch σ_1 und σ_3 erhalten wird. Hierauf schiebe man die Zeichen näher gegen die Mitte der Scala und wiederhole die früheren Beobachtungen, welche nun σ_2 und σ_4 ergeben. — Uebrigens werden wir im Folgenden sehen, dass es möglich ist dieser Verwickelung aus dem Wege zu gehen.

Bei der Ausrechnung hat man zuerst die Grössen $\sigma_{g'1}$, $\sigma_{g'2}$ u. s. w. zu bestimmen und dann $\sigma_{g'0}$, d. h. das Brigg'sche Decrement für unendlich kleine Schwingungen und zwar auf folgende Weise: wir setzen

$$\left.\begin{aligned}\sigma_{g,1} &= \sigma_{g,0} + m\Phi_1 - n{\Phi_1}^2\\ \sigma_{g,2} &= \sigma_{g,0} + m\Phi_2 - n{\Phi_2}^2\\ \sigma_{g,3} &= \sigma_{g,0} - m\Phi_1 - n{\Phi_1}^2\\ \sigma_{g,4} &= \sigma_{g,0} - m\Phi_2 - n{\Phi_2}^2\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (52)$$

Diese Gleichungen geben:

$$(\sigma_{g,2} + \sigma_{g,4}) - (\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3}) = 2n(\Phi_1^2 - \Phi_2^2)$$

$$(\sigma_{g,2} + \sigma_{g,4}) + (\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3}) = 4\sigma_{g,0} - 2n(\Phi_1^2 + \Phi_2^2),$$

also

$$\sigma_{g,0} = \frac{1}{4}\left\{(\sigma_{g,2} + \sigma_{g,4}) + (\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3}) + \left[(\sigma_{g,2} + \sigma_{g,4}) - (\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3})\right]\frac{\Phi_1^2 + \Phi_2^2}{\Phi_1^2 - \Phi_2^2}\right\} \ldots (52, a)$$

Bei der Berechnung der Bögen Φ_1 und Φ_2 benutzen wir die Formel

$$\mathrm{Lg}\,\gamma S_1^2 = \mathrm{Lg}\,\alpha S_1^2 - \mathrm{Lg}(1-p^2), \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (52, b)$$

siehe (51, b) und (51, c), wo Lg $(1-p^2)$ ebenso ein für allemal berechnet wird, wie Lg α und Lg ε. — Die Correction αS_1^2 ist den Grössen $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ gemeinsam und ebenso ist αS_2^2 gemeinsam $\sigma_{g,2}$ und $\sigma_{g,4}$. Wir bemerken noch die zwei Formeln, welche aus (52) folgen:

$$\tfrac{1}{2}(\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3}) = \sigma_{g,0} - n{\Phi_1}^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (52, c)$$

$$\frac{\sigma_{g,1} - \sigma_{g,3}}{\sigma_{g,2} - \sigma_{g,4}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (53)$$

Die erste werden wir späterhin benutzen; die zweite kann als Criterium der Richtigkeit der Formeln (52) dienen.*)

---

*) Als Beispiel der Benutzung der Formel (52, a) wollen wir das vollständige Protocoll der Beobachtungen und Ausrechnungen eines Specialwerthes von σ_0 einschieben. Ausgeführt wurden die Beobachtungen am 3. Aug. 1880, also längere Zeit nachdem diese Arbeit der Academie vorgestellt worden ist. Die Versuche sind an dem gemischten Dämpfer von Leyser, welcher sich im Observatorium zu Pawlowsk befindet, ausgeführt worden.

Es war $\varepsilon = 4200$; $p = 0{,}42$, also Lg $2\varepsilon = 3{,}92428$; Lg $\alpha = 0{,}39981 - 9$; Lg $(1-p^2) = 0{,}91148 - 1$, s. (51, b) und (52, b). Die verticale Symmetrieebene des Dämpfers bildete mit der Ebene des magnetischen Meridianes einen Winkel von etwa 3,5°. Es wurden direct die folgenden corrigirten Scalenwerthe (Umkehrpuncte) abgelesen:

I	II	III	IV	V
948,1	935,8	934,7	935,8	934,3
267,8	272,4	273,0	272,5	273,3
554,0	551,5	555,1	551,5	551,3
434,3	435,0	435,0	434,9	435,1
I	II	III	IV	V
1,0	6,9	5,0	3,2	5,8
663,9	661,2	661,9	662,8	661,9
387,8	388,3	388,3	388,0	388,5
503,4	503,4	503,0	503,2	503,3

Bei den ersten fünf Beobachtungen fanden die Ablenkungen nach der positiven Seite, bei den zweiten nach der negativen Seite statt; in Wirklichkeit wechselten die Richtungen der ersten Ablenkungen ab. Die sämmtlichen zehn Beobachtungen dauerten genau 15 Minuten.

§ 21.

VII. Ueber das logarithmische Decrement bei mehreren dämpfenden Kräften.

Das logarithmische Decrement $\lambda_0 = \frac{\alpha\pi}{\rho} = \frac{\alpha\pi}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}}$ kann nicht als Mass der dämpfenden Kraft gelten, deren wirkliches Mass die Grösse α in der Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt} f(\varphi) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54)$$

ist. Besteht die dämpfende Kraft aus zwei Theilen, so wird auch α entsprechend aus zwei Theilen, α_1 und α_2, bestehen. Wirkt je ein Theil der dämpfenden Kraft für sich allein, so seien die entsprechenden Decremente $\lambda_{0,1}$ und $\lambda_{0,2}$. Es fragt sich nun, welches ist der Zusammenhang zwischen λ_0, $\lambda_{0,1}$ und $\lambda_{0,2}$? Offenbar ist

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54, a)$$

Führt man hier ein die Werthe von α, α_1 und α_2, ausgedrückt durch λ_0, $\lambda_{0,1}$ und $\lambda_{0,2}$ auf Grund der Formel

$$\alpha = \frac{\pi\lambda_0}{t_0\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}},$$

und kürzt durch $\frac{\pi}{t_0}$, so erhält man

Durch directe Subtraction finden sich folgende Werthe für je drei aufeinanderfolgende S_1, S_2 und S_3:

	I	II	III	IV	V
$S_1 =$	680,3	663,4	661,7	663,3	661,0
$S_2 =$	286,2	279,1	278,2	279,0	278,0
$S_3 =$	119,7	116,5	116,2	116,6	116,2

	I	II	III	IV	V
$S_1 =$	662,9	654,3	656,9	659,6	656,1
$S_2 =$	276,1	272,7	273,6	274,8	273,4
$S_3 =$	115,6	114,9	114,5	115,2	114,8

Die Differenzen der Brigg'schen Logarithmen dieser Zahlen fassen wir in folgender Tabelle zusammen;

Erste Ablenkung positiv.

Grosser Schwingungsbogen.		Kleiner Schwingungsbogen.	
S_1	$\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_3}$	S_2	$\mathrm{Lg}\frac{S_2}{S_3}$
680,3	0,37603	276,1	0,37811
663,4	0,37602	272,7	0,37537
661,7	0,37630	273,6	0,37831
663,3	0,37611	274,8	0,37757
661,0	0,37816	273,4	0,37686
666	0,37612	274	0,37724

Erste Ablenkung negativ.

Grosser Schwingungsbogen.		Kleiner Schwingungsbogen.	
S_1	$\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_3}$	S_2	$\mathrm{Lg}\frac{S_2}{S_3}$
662,9	0,38038	286,2	0,37858
654,3	0,38009	279,1	0,37948
656,9	0,38038	278,2	0,37915
659,6	0,38026	279,0	0,37890
656,1	0,38034	278,0	0,37883
658	0,38027	278	0,37898

Die Grössen S_1 und S_2 sind nochmals ausgeschrieben, um zu zeigen, dass wenn S_1 der oberen Reihe der vorhergehenden Tabelle entnommen wird, so ist S_2 der unteren Reihe zu entnehmen und umgekehrt. In der letzten Zeile stehen die Mittelwerthe. Nimmt man nochmals die Mittel so erhält man $S_1 = 662$ $S_2 = 276$.

Nun hat man zu berechnen:

1) $\alpha {S_1}^2$ und $\alpha {S_2}^2$, um von $\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_3}$ und $\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_3}$ übergehen zu können zu den Decrementen σ_g;
2) $\gamma {S_1}^2$ und $\gamma {S_2}^2$, um von S_1 und S_2 übergehen zu können zu Φ_1 und Φ_2;
3) die Grösse $\mathrm{Lg}\frac{\Phi_1^2 + \Phi_1 z}{\Phi_1^2 - \Phi_2^2}$ um σ_{g0} nach (52, a) zu berechnen.
4) σ_{g0} auf Grund der Formel (52, a).

$$\frac{\lambda_{0,1}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,1}}}+\frac{\lambda_{0,2}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,2}}}=\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54, b)$$

Dieses ist die gesuchte Relation zwischen den drei Decrementen.

Es sei ferner während der alleinigen Wirkung des ersten Theiles der Kraft die Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\alpha_1\frac{d\varphi}{dt}(1-b_1\varphi^2)+\beta^2\varphi-\tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3=0,$$

während der alleinigen Wirkung des zweiten Theiles

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\alpha_2\frac{d\varphi}{dt}(1-b_2\varphi^2)+\beta^2\varphi-\tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3=0$$

und während der Wirkung der Gesammtkraft

Alle diese Berechnungen sind bequem und schnell nach folgendem Schema auszuführen:

$$S_1 = 662 \qquad\qquad S_2 = 276$$

$$\operatorname{Lg} S_1 = 2{,}82086 \qquad\qquad \operatorname{Lg} S_2 = 2{,}44091$$

$$+\left|\begin{array}{l}\operatorname{Lg} S_1^2 = 5{,}64172\\ \operatorname{Lg} \alpha = 0{,}39981-9\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg} S_2^2 = 4{,}88182\\ \operatorname{Lg} \alpha = 0{,}39981-9\end{array}\right|+$$

$$-\left|\begin{array}{l}\operatorname{Lg} \alpha S_1^2 = 0{,}04153-3\\ \operatorname{Lg}(1-p^2) = 0{,}91148-1\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg} \alpha S_2^2 = 0{,}28163-4\\ \operatorname{Lg}(1-p^2) = 0{,}91141-1\end{array}\right|-$$

$$\operatorname{Lg} \gamma S_1^2 = 0{,}13005-3 \qquad\qquad \operatorname{Lg} \gamma S_2^2 = 0{,}37015-4$$

$$\alpha S_1^2 = \mathbf{0{,}00110} \qquad\qquad \alpha S_2^2 = \mathbf{0{,}00019}$$

$$\gamma S_1^2 = \mathbf{0{,}00135} \qquad\qquad \gamma S_2^2 = \mathbf{0{,}00023}$$

$$-\left|\begin{array}{l}\operatorname{Lg} S_1 = 2{,}82086\\ \operatorname{Lg} 2\varepsilon = 3{,}92428\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg} S_2 = 2{,}44091\\ \operatorname{Lg} 2\varepsilon = 3{,}92428\end{array}\right|-$$

$$-\left|\begin{array}{r}0{,}89658-2\\ \gamma S_1^2 = 0{,}00135\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}0{,}51663-2\\ \gamma S_2^2 = 0{,}00023\end{array}\right|-$$

$$\operatorname{Lg} \Phi_1 = 0{,}89523-2 \qquad\qquad \operatorname{Lg} \Phi_2 = 0{,}51640-2$$

$$\operatorname{Lg} \Phi_1^2 = 0{,}79046-3 \qquad\qquad \operatorname{Lg} \Phi_2^2 = 0{,}03280-3$$

$$-\left|\begin{array}{l}\Phi_1^2 = 0{,}0061740\\ \Phi_2^2 = 0{,}0010784\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\Phi_2^2 = 0{,}0010784\\ \Phi_1^2 = 0{,}0061740\end{array}\right|+$$

$$\Phi_1^2-\Phi_2^2 = 0{,}0050956 \qquad\qquad \Phi_1^2+\Phi_2^2 = 0{,}0072524$$

$$\left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg}(\Phi_1^2+\Phi_2^2) = 0{,}86048-3\\ \operatorname{Lg}(\Phi_1^2-\Phi_2^2) = 0{,}70719-3\end{array}\right|-$$

$$\operatorname{Lg}\frac{\Phi_1^2+\Phi_2^2}{\Phi_1^2-\Phi_2^2} = \mathbf{0{,}15329}.$$

$$+\left|\begin{array}{l}\operatorname{Lg}\frac{S_1}{S_2} = 0{,}37612\\ \alpha S_1^2 = 0{,}00110\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg}\frac{S_2}{S_3} = 0{,}37724\\ \alpha S_2^2 = 0{,}00019\end{array}\right|-$$

$$\sigma_{g,1} = \mathbf{0{,}37502} \qquad\qquad \sigma_{g,2} = \mathbf{0{,}37705}$$

$$-\left|\begin{array}{l}\operatorname{Lg}\frac{S_1}{S_2} = 0{,}38027\\ \alpha S_1^2 = 0{,}00110\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg}\frac{S_2}{S_3} = 0{,}37898\\ \alpha S_2^2 = 0{,}00019\end{array}\right|-$$

$$\sigma_{g,3} = \mathbf{0{,}37917} \qquad\qquad \sigma_{g,4} = \mathbf{0{,}37873}$$

$$+\left|\begin{array}{l}\sigma_{g,2} = 0{,}37705\\ \sigma_{g,4} = 0{,}37879\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}\sigma_{g,1} = 0{,}37502\\ \sigma_{g,3} = 0{,}37917\end{array}\right|+$$

$$-\left|\begin{array}{r}0{,}75584\\ 0{,}75419\end{array}\right. \qquad\qquad \left.\begin{array}{r}0{,}75419\\ 0{,}75584\end{array}\right|+$$

$$0{,}00165 = \sigma_{g,2}+\sigma_{g,4}-(\sigma_{g,1}+\sigma_{g,3}). \qquad\qquad 1{,}51003 = \sigma_{g,2}+\sigma_{g,4}+\sigma_{g,1}+\sigma_{g,3}$$

$$\left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg}[\sigma_{g,2}+\sigma_{g,4}-(\sigma_{g,1}+\sigma_{g,3})] = 0{,}21748-3\\ \operatorname{Lg}\frac{\Phi_1^2+\Phi_2^2}{\Phi_1^2-\Phi_2^2} = 0{,}15329\end{array}\right|+$$

$$0{,}37077-3$$

$$\left[\sigma_{g,2}+\sigma_{g,4}-(\sigma_{g,1}+\sigma_{g,3})\right]\frac{\Phi_1^2+\Phi_2^2}{\Phi_1^2-\Phi_2^2} =$$

$$\left.\begin{array}{r}= 0{,}00235\\ (\sigma_{g,2}+\sigma_{g,4})+(\sigma_{g,1}+\sigma_{g,3}) = 1{,}51003\end{array}\right|+$$

$$1{,}51238:4$$

$$\sigma_{g,0} = \mathbf{0{,}37809}$$

$$\left.\begin{array}{r}\operatorname{Lg}\sigma_{g,0} = 0{,}57760-1\\ 0{,}63778-1\end{array}\right|-$$

$$\operatorname{Lg}\sigma_0 = 0{,}93982-1$$

$$\sigma_0 = \mathbf{0{,}87060}$$

Hier sind Lg α, Lg$(1-p^2)$ und Lg 2ε am Anfang dieser Anmerkung gefunden; je zwei Werthe für Lg $\frac{S_1}{S_2}$ und Lg $\frac{S_2}{S_3}$ finden sich in der letzten Zeile der vorhergehenden Tabelle; Φ_1 und Φ_2 werden berechnet auf Grund der Formel (51, b); die vier Brigg'schen Decremente σ_g nach (51, c) und endlich $\sigma_{g,0}$ nach (52, a). Die Bedingung (53) ist erfüllt, da

$$\frac{\sigma_{g,1}-\sigma_{g,3}}{\sigma_{g,2}-\sigma_{g,4}}=\frac{0{,}00415}{0{,}00174}=2{,}385;\ \frac{\Phi_1}{\Phi_2}=2{,}392.$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0.$$

Es soll der Zusammenhang zwischen b, b_1 und b_2 gefunden werden. Es ist offenbar

$$\alpha_1(1 - b_1\varphi^2) + \alpha_2(1 - b_2\varphi^2) = \alpha(1 - b\varphi^2).$$

Dies giebt, ausser der Gleichung (54, a), noch

$$\alpha_1 b_1 + \alpha_2 b_2 = \alpha b$$

oder

$$\frac{\lambda_{0,1} b_1}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,1}}} + \frac{\lambda_{0,2} b_2}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,2}}} = \frac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54, \text{c})$$

Dies ist die gesuchte Relation zwischen den drei Constanten b, b_1 und b_2.

Es kann vorkommen, dass der Dämpfer sich untersuchen lässt erstens, wenn die Gesammtkraft und zweitens, wenn nur der eine Theil wirkt, nicht aber wenn nur der andere Theil wirkt. Dies kann z. B. geschehen, wenn die dämpfende Kraft sowohl von Massen, als auch von Drähten herrührt; ist der Schliessungskreis des Drahtes geöffnet, so wirkt nur der eine Theil, ist er geschlossen, so wirkt die ganze Kraft. Durch geeignete Beobachtungen seien nun λ_0, b, $\lambda_{0,1}$ und b_1 bestimmt. Dann giebt uns (54, b) das, übrigens unwichtige Decrement $\lambda_{0,2}$, während b_2 direct nach der, aus (54, b) und (54, c) folgenden, Formel

$$b_2 = \frac{\dfrac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} - \dfrac{\lambda_{0,1} b_1}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,1}}}}{\dfrac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} - \dfrac{\lambda_{0,1}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,1}}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54, \text{d})$$

berechnet werden kann. *Diese Formel ist von der grössten practischen Bedeutung.*

Rührt der eine Theil der dämpfenden Kraft vom Luftwiderstande her, so ist nach unserer Bezeichnungsweise $\lambda_{0,1} = \nu$ und $b_1 = 0$. Aus (54, d) erhalten wir

$$b_2 = \frac{\dfrac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}}}{\dfrac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} - \dfrac{\nu}{\sqrt{\pi^2 + \nu^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54, \text{e})$$

Wirken mehr als zwei dämpfende Kräfte, so erhalten wir statt (54, b) und (54, c) ganz allgemein:

$$\frac{\lambda_{0,1}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,1}}} + \frac{\lambda_{0,2}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,2}}} + \frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,3}}} + \ldots = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (55, \text{a})$$

$$\frac{\lambda_{0,1} b_1}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,1}}} + \frac{\lambda_{0,2} b_2}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,2}}} + \frac{\lambda_{0,3} b_3}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0,3}}} + \ldots = \frac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (55, \text{b})$$

§ 22.

VIII. Ueber die Wirkung der Drillung des Aufhängefadens.

Es ist bekannt, dass die Drillung des Aufhängefadens keinen Einfluss hat auf die Bewegung des Magneten; vielleicht dürfte es nicht überflüssig sein, zu beweisen, dass dies auch dann der Fall ist, wenn die Gleichung der Bewegung in genauerer, corrigirter Form angenommen wird. Es sei γ die durch die Drillung erzeugte angulare Beschleunigung bei einem Drillungswinkel 1.

Sei zuerst der Faden völlig aufgedrillt; dann ist die Gleichung der Bewegung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2 \sin\varphi + \gamma\varphi = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{a})$$

Sei nun andererseits der Faden bei der Ruhelage des Magneten um einen Winkel ψ gedrillt und sei φ_0 der Winkel zwischen der Axe des Magneten in dieser Ruhelage und der Ebene des magnetischen Meridianes. Dann ist

$$\beta^2\varphi_0 - \gamma\psi = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{b})$$

Rechnen wir jetzt den variabelen Winkel φ, wie früher von der Ruhelage, so ist die Bewegungsgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} f(\varphi) + \beta^2 \sin(\varphi + \varphi_0) - \gamma(\psi - \varphi) = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{c})$$

wo $f(\varphi)$ identisch ist mit $f(\varphi)$ in (a), da wir annehmen müssen, dass die relative Lage von Dämpfer und Magnet, wenn letzterer in Ruhe ist, die frühere geblieben sei. Wir wollen ja eben nur die Wirkung des gedrillten Fadens, nicht aber der veränderten relativen Lage von Magnet und Dämpfer untersuchen. Der Winkel φ_0 ist jedenfalls sehr klein; statt (c) können wir also schreiben

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} f(\varphi) + \beta^2 \sin\varphi + \beta^2\varphi_0 - \gamma(\psi - \varphi) = 0,$$

woraus, nach Subtraction von (b), wieder (a) erhalten wird. *Es folgt hieraus, dass die Drillung des Fadens keinen Einfluss hat auf irgend eine von den Grössen, mit denen wir es bei galvanischen Untersuchungen mit Hülfe von Dämpfern zu thun haben (Decremente, Ablenkung durch momentane oder constante Ströme u. s. w.), vorausgesetzt, dass die Aufstellung des Dämpfers sich nach der Ruhelage des Magneten richtet.*

Cap. IV.

Ueber die experimentelle Untersuchung der Dämpfer.

§ 23.

Erste Methode Dämpfer experimentell zu untersuchen. Directe Bestimmung der Dämpfungsfunction.

Unter der Dämpfungsfunction verstehen wir das Verhältniss der dämpfenden Kraft bei der Einheit der Geschwindigkeit zu derselben Kraft in dem Moment, wo die Axe des Magneten in den magnetischen Meridian fällt; hat der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene, so muss bei richtiger Aufstellung die Axe hierbei mit dieser zusammenfallen. Kürzer kann man sagen, dass die Dämpfungsfunction anzeigt, wie sich die dämpfende Kraft nach beiden Seiten hin ändert. Um die Dämpfungsfunction direct bestimmen zu können, muss der Dämpfer drehbar gemacht werden und zwar so, dass seine Drehungsaxe mit der des Magneten zusammenfällt. Um die relative Lage von Magnet und Dämpfer bestimmen zu können, muss an letzterem ein Spiegel so angebracht werden, dass man ihn durch ein und dasselbe Fernrohr abwechselnd mit dem Spiegel des Magneten beobachten kann, ohne an diesem andere Veränderungen vorzunehmen, als Bewegung in verticaler Ebene und allenfalls Veränderung in der Stellung des Oculares. Zuerst stellt man den Dämpfer nach dem Augenmass so auf, dass seine verticale Symmetrieebene möglichst mit der Axe des Magneten in der Ruhelage zusammenfällt und dass zugleich durch das Fernrohr in beiden Spiegeln nahe die Mitte der Scala zu sehen ist. Es möge weiterhin die, mit der Declination sich ändernde, Ruhelage des Magneten durch den Winkel ψ_1 und die bei der Drehung sich ändernde Lage des Dämpfers durch den Winkel ψ_2 bestimmt sein. *Den Winkel* $\mathfrak{P} = \psi_2 - \psi_1$, *d. h. den Winkel zwischen den beiden Spiegeln wollen wir das Azimuth des Dämpfers nennen.* Es kann dasselbe auch aufgefasst werden als Winkel zwischen der Ebene des magnetischen Meridians und einer gewissen Hauptebene P, welche mit der Ebene des fixen Spiegels (am Dämpfer) denselben Winkel macht, wie die Ebene des magnetischen Meridianes mit der Ebene des beweglichen Spiegels (am Magnet). Es sei endlich ψ der unbekannte Winkel zwischen der Ebene P und der verticalen Symmetrieebene des Dämpfers; dann ist $\omega = \mathfrak{P} - \psi$ der veriabele Winkel zwischen der Axe des Magneten und der verticalen Symmetrieebene des Dämpfers.

Das Azimuth $\mathfrak{P}$ bestimmt sich sehr einfach. Bei jeder Aufstellung werden die in beiden Spiegeln abgelesenen Scalenwerthe, von der Mitte der Scala an gerechnet, ange-

schrieben. Seien s_1 und s_2 diese beiden Scalenwerthe; ε_1 und ε_2 die Entfernungen der beiden Spiegel von der Scala. Dann ist *)

$$\operatorname{tg} 2\psi_1 = \frac{s_1}{\varepsilon_1};\ \operatorname{tg} 2\psi_2 = \frac{s_2}{\varepsilon_2}$$

und

$$\Psi = \psi_2 - \psi_1.$$

Die Lage des Dämpfers muss, ausser durch den Winkel ψ_2, durchaus noch durch einen anderen Winkel bestimmt werden, welcher am Dämpfer selbst auf einem Horizontalkreise oder zum Mindesten auf einer kleinen Scala vermittelst eines an den Dämpfer befestigten Zeigers abgelesen wird — dies ist nothwendig um zu jeder Zeit den Dämpfer in die gewünschte Lage zu bringen, ohne dass der fixe Spiegel und die Scala am Fernrohr unverrückt bleiben. Um Magnet und Dämpfer stets in dieselbe *relative* Lage zu bringen, müssen die Angaben des Magnetographen in Anspruch genommen werden, wenn der bewegliche Spiegel und die Scala am Fernrohr nicht immer wieder in die frühere Lage gebracht werden können. Uebrigens können wohl in allen Fällen die, durch die Declination bedingten, Aenderungen der Lage des Magneten, vernachlässigt werden und dann vereinfacht sich die Sache bedeutend.

Methode A.

Wir bestimmen das Decrement σ_0 und das Azimuth Ψ auf die oben ausführlich geschilderte Weise, für eine möglichst grosse Anzahl verschiedener Lagen des Dämpfers. Nehmen wir zuerst an, dass σ_0 regelmässig und auf gleiche Weise nach beiden Seiten hin abnimmt und dass man ansetzen kann

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2\omega^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (56, \mathbf{a})$$

oder

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2(\Psi - \psi)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (56, \mathbf{b})$$

Hat man auf Grund der Beobachtungen eine Reihe von Werthen der Grössen σ_0 und Ψ berechnet, so erhält man die Constanten λ_0 und L_2.

---

*) Bei den Beobachtungen, welche in der Anmerkung Seite 68 vollständig angeführt waren, wurde im fixen Spiegel die Zahl 8, im beweglichen die Zahl 480 abgelesen. Da in der Mitte der Scala die Zahl 500 stand, so ist $s_1 = -30$, $s_2 = -492$; ferner waren $\varepsilon_1 = 4200$, $\varepsilon_2 = 4160$; also $\Psi = -0{,}05533$, oder ungefähr $3°10'$. Da, wie sich später zeigte, $\psi = 21'$ war, so ist die absolute Grösse des Winkels ω ungefähr $3°{,}5$, was auch Seite 68 angegeben war.

Ist σ_0 eine parabolische Function von ω, so ist auch die Dämpfungsfunction $f(\varphi)$ parabolisch, d. h.

$$f(\varphi) = 1 - b\varphi^2$$

und die Bewegungsgleichung des Magneten, wenn verticale Symmetrieebene und magnetischer Meridian zusammenfallen, wird von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^3\varphi^3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (56, \mathfrak{c})$$

Wir wollen nun die Relation zwischen den Coefficienten L_2 und b aufsuchen.

In der Symmetrieebene hatten wir

$$\lambda_0 = \frac{\alpha\pi}{\rho} = \frac{\alpha\pi}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}}.$$

Ist $\varphi = \omega$, so erhalten wir statt α:

$$\alpha' = \alpha(1 - b\omega^2);$$

daher ist

$$\sigma_0 = \frac{\pi\alpha'}{\sqrt{\beta^2 - \alpha'^2}} = \frac{\pi\alpha(1-b\omega^2)}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2(1-b\omega^2)^2}} = \frac{\pi\alpha(1-b\omega^2)}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2 + 2\alpha^2 b\omega^2}} = \frac{\pi\alpha(1-b\omega^2)}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\sqrt{1 + \frac{\alpha^2 b\omega^2}{\beta^2 - \alpha^2}}} =$$

$$= \frac{\pi\alpha(1-b\omega^2)}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\left(1 + \frac{\alpha^2 b\omega^2}{\beta^2 - \alpha^2}\right)} = \frac{\pi\alpha}{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}}(1 - b\omega^2)\left(1 - \frac{\alpha^2 b}{\beta^2 - \alpha^2}\omega^2\right) = \lambda_0(1 - b\omega^2)\left(1 - \frac{\lambda_0^2 b^2}{\pi^2}\omega^2\right),$$

oder endlich

$$\sigma_0 = \lambda_0 - b\lambda_0\frac{\pi^2 + \lambda_0^2}{\pi^2}\omega^2.$$

Setzen wir also

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2\omega^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (56, \mathfrak{d})$$

so ist

$$L_2 = b\lambda_0\frac{\pi^2 + \lambda_0^2}{\pi^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (56, \mathfrak{e})$$

Hieraus erhält man

$$b = \frac{\pi^2 L^2}{\lambda_0(\pi^2 + \lambda_0^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (57)$$

Da L_2 und λ_0 bekannt sind, so giebt diese Formel die Constante b.

Methode B.

Ist $\sigma_0 < 0{,}5$ oder > 1, so dass die Bestimmung von σ_0, wie wir oben sahen, schwierig ist, so kann die Grösse b noch auf eine andere Weise bestimmt werden.

Es ist leicht einzusehen und wird durch den Versuch bestätigt, dass der Coefficient n in (52) bei allen Stellungen des Dämpfers fast unverändert bleibt. Auf Grund dieses kann man statt der 4 Decremente $\sigma_{g,1}$ bis $\sigma_{g,4}$ sich auf die zwei $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ beschränken, welche den grossen Schwingungsbögen Φ_1 und $-\Phi_1$ entsprechen. Nimmt man die halbe Summe σ_g', so erhalten wir eine Grösse, welche auf Grund von (52, c) sich von $\sigma_{g=0}$ um eine fast constante Grösse unterscheidet. Gehen wir zu den natürlichen Logarithmen über, so erhalten wir eine Grösse σ', die sich in allen Azimuthen um eine fast constante Grösse von σ_0 unterscheidet. Setzen wir nun

$$\sigma' = \sigma - L_2\omega^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (58, \mathbf{a})$$

oder

$$\sigma' = \sigma - L_2(\mathfrak{P} - \psi)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (58, \mathbf{b})$$

und bestimmen wir, genau wie früher, empirisch zuerst die Grössen σ' und $\mathfrak{P}$ und dann die Constanten σ und L_2, so kann dies L_2 ohne Weiteres als identisch mit dem in (56, b) und (57) eingehenden L_2 angenommen werden. Setzt man die so gefundenen σ und L_2 in (57), so erhalten wir eine Grösse

$$b' = \frac{\pi^2 L_2}{\sigma(\pi^2 + \sigma^2)}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (58, \mathbf{c})$$

welche sich merkbar von der gesuchten Grösse b unterscheidet, da σ merkbar von λ_0 verschieden ist. Es ist aber leicht von σ zu λ_0 überzugehen und zwar auf Grund einer Formel, welche aus (38, e) und (45) erhalten wird, wenn b durch seinen bereits gefundenen ungefähren Werth b' ersetzt wird und zwar

$$\lambda_0 = \sigma + \frac{(1+e^{-3\sigma})(1-e^{-\sigma})(7\sigma^2+\pi^2)b'}{2(1+e^{-\sigma})^2(\sigma^2+4\pi^2)}\Phi^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (58, \mathbf{d})$$

Setzt man endlich das so erhaltene λ_0 statt σ in (58, c), so wird der genauere Werth von b erhalten. Die Vorzüge dieser Methode bestehen erstens darin, dass man beim Beobachten nur drei aufeinanderfolgende Umkehrpuncte des Magneten anzuschreiben hat, wodurch in doppelter Beziehung Zeit gewonnen wird, da kleinere Perioden vollständiger Ruhe des Declinatoriums viel häufiger vorkommen, als grössere. Zweitens — und das ist die Hauptsache — können $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ viel genauer bestimmt werden, als die, den kleineren Schwingungsbögen Φ_2 und $-\Phi_2$ entsprechenden, Decremente $\sigma_{g,2}$ und $\sigma_{g,4}$. Es kann also auch σ' in (58, a) viel genauer gefunden werden, als σ_0 in (56, a), bei dessen Berechnung mit Hülfe von (52, a) die Decremente $\sigma_{g,2}$ und $\sigma_{g,4}$ eine Rolle spielen. Drittens ist die Aus-

rechnung viel einfacher, als bei der Methode A. Man hat nur αS_1^2 zu berechnen, um $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ finden zu können, hat deren Mittel σ'_g zu nehmen und dann zu σ' überzugehen, indem man durch eine Zahl dividirt, deren Logarithmus 0,63778 — 1 ist. *Den Winkel* Φ_1, *welcher bei allen Stellungen des Dämpfers ungefähr denselben Werth haben muss* (es genügt, wenn S_1 nahe constant ist), hat man nur einmal auszurechnen. Andererseits wird aber die Ausrechnung dadurch bedeutend erschwert, dass man auf Grund der Formel (58, d) von σ zu λ_0 überzugehen hat.*)

§ 24.

Fortsetzung der ersten Methode.

Sind nach einer der beiden Methoden A oder B die Constanten b, λ_0 und ψ gefunden worden, so ist es leicht diejenigen Werthe von p_2, q_2 und r_2 zu finden, welche dem Falle entsprechen, dass der Dämpfer richtig aufgestellt ist, d. h. dass die verticale Symmetrieebene mit der Ebene des magnetischen Meridianes zusammenfällt, was natürlich ohne Weiteres erreicht werden kann, da der entsprechende Winkel ψ zwischen den beiden Spiegeln gefunden ist. Die Constanten p_2, q_2 und r_2 werden durch die Formeln (45, b), (45, d) und (45, e) bestimmt, welche wir zur Bequemlichkeit hier wiederholen wollen:

$$p_2 = \frac{\pi(\pi^2+\lambda_0^2-6b\lambda_0^2)}{8\lambda_0(4\pi^2+\lambda_0^2)}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(59, a)}$$

$$q_2 = \frac{11\pi^2+23\lambda_0^2-24b(7\lambda_0^2+\pi^2)}{48(4\pi^2+\lambda_0^2)}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(59, b)}$$

$$r_2 = \frac{\pi^2+\lambda_0^2}{16(4\pi^2+\lambda_0^2)}(8b-1). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(59, c)}$$

Werden endlich diese Grössen in die Formeln (38, a) bis (38, k) eingesetzt, so erhalten wir die gesuchten Correctionen zu allen practisch wichtigen Formeln.

Indem wir die Versuche nach einer der beiden Methoden A oder B ausführen, können wir nebenbei die Richtigkeit eines theoretischen Resultates prüfen. Ist nämlich der Dämpfer

*) Von den vier Colonnen Rechnungen in dem Beispiele Seite 70 hätten wir im Falle der Anwendung der Methode B nur ein Drittel der ersten durchzuführen. Wir hätten nur αS_1^2 auszurechnen. Der ganze übrige Theil der Rechnung fällt fast vollständig weg. Es war dort $\sigma_{g,1} = 0{,}37502$ und $\sigma_{g,3} = 0{,}37917$. Also ist

$$\sigma'_g = \tfrac{1}{2}(\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3}) = 0{,}37709$$

und

$$\sigma' = 0{,}86830.$$

gegen die Axe des Magneten unsymmetrisch aufgestellt, so ist die Bewegungsgleichung des Letzteren von der Form:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 + a\varphi - b\varphi^2 + \ldots) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0,$$

wo α und b nicht identisch sind mit α und b in (56, c). Die Anwesenheit des Gliedes $2\alpha a\varphi\frac{d\varphi}{dt}$ wird unter Anderem zur Folge haben, dass im Ausdruck des Decrementes als Function des Schwingungsbogens ein Glied erster Ordnung eingehen wird (welches in (52) in Betracht gezogen ist), so dass der Werth des Decrementes abhängig sein wird vom Vorzeichen des Bogens Φ_1, d. h. von der Richtung des ersten Ausschlages. Ist nun der Dämpfer nach der positiven Seite gedreht, so ist auch a positiv; aus (47) folgt, dass also auch q_1 positiv ist und endlich aus (32, e), dass das Decrement grösser sein muss bei positivem als bei negativem Φ. Wir können dies Resultat folgendermassen formuliren:

Ist der Dämpfer unsymmetrisch gegen die Ruhelage des Magneten aufgestellt, so wird der Werth des logarithmischen Decrementes von der Richtung des ersten Ausschlages abhängen. Er wird grösser sein, wenn der erste Ausschlag nach derjenigen Seite hin gerichtet ist, nach welcher die dämpfende Kraft wächst, d. h. in der Mehrzahl der Fälle (wenn b positiv ist) auf welcher sich die verticale Symmetrieebene des Dämpfers befindet.

Durch einfache Ueberlegung lässt sich übrigens die Richtigkeit dieses Satzes nicht einsehen — fast möchte es scheinen, als dürfte gerade das Gegentheil erwart t werden.*)

§ 25.

Erweiterung der ersten Methode.

Als wir zeigten, auf welche Weise für eine Reihe von Stellungen des Dämpfers das Azimuth $\mathfrak{P}$ und das Decrement σ_0 (Methode A) oder das Decrement σ' (Methode B) gefunden wird, setzten wir voraus, dass z. B. σ_0 als Function von $\mathfrak{P}$ empirisch i die Form

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2(\mathfrak{P} - \psi)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(60, a)}$$

gebracht werden könne, s. (56, b). Mit anderen Worten, wir setzen voraus, dass *bei*

*) Die Versuche haben in allen Fällen die Richtigkeit des obigen Satzes bestätigt. In dem Seite 68 eingeschobenen Beispiel zeigte der fixe Spiegel, wie bereits in der Anmerkung auf Seite 74 erwähnt war, auf die Zahl 8. Der Dämpfer war also nach der *negativen* Seite gedreht und zwar um etwa 3°,5. Auf Grund des obigen Satzes müssten also die Decremente $\sigma_{g,3}$ und $\sigma_{g,4}$, welche negativen Ausschlägen entsprechen, grösser sein, als $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,2}$. Die Seite 70 in der Anmerkung rechts oben ausgerechneten Werthe der Decremente entsprechen vollkommen dieser theoretischen Forderung.

richtiger Aufstellung des Dämpfers die Dämpfungsfunction von der Form $1 - b\varphi^2$ sei. Nun kann es aber geschehen, dass diese Voraussetzung durch die Versuche nicht bestätigt wird, dass σ_0 als Function von Ψ nicht von der Form (60, a) ist. Erstens kann es geschehen, dass σ_0 sich als eine Function von der Form

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2(\Psi - \psi)^2 + L_4(\Psi - \psi)^4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (60, \text{b})$$

erweist. Dann ist die Dämpfungsfunction von der Form $1 - b\varphi^2 + e\varphi^4$, wo b aus der Gleichung (57) und e aus

$$e = \frac{\pi^2 L_4}{\lambda_0(\pi^2 + \lambda_0^2)} - \frac{3\pi^2 L_2^2}{(\pi^2 + \lambda_0^2)^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (60, \text{c})$$

gefunden wird.

Dieser Ausdruck wird entweder auf ähnlichem Wege gefunden, wie (57), oder durch Einsetzen von $\sigma_0 = \lambda_0 - L_2\omega^2 + L_4\omega^4$ in die Identität

$$\alpha' = \frac{\beta\sigma_0}{\gamma'\pi^2 + \sigma_0^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (60, \text{d})$$

und Zerlegen der rechten Seite nach Potenzen von ω in eine Reihe von der Form $\alpha(1 - b\omega^2 + e\omega^4)$.

Es kann ferner geschehen, dass auch (60, b) nicht erfüllt ist, dass σ_0 eine völlig unregelmässige Function des Azimuthes ist. In diesem Falle ist der Dämpfer eben schlecht construirt und schwerlich dürfte es möglich sein, ihn bei feineren Untersuchungen zu benutzen — vorausgesetzt natürlich, dass der Magnet während dieser Untersuchungen in das Gebiet der Unregelmässigkeiten einzutreten hat.

Noch eines Falles wollen wir erwähnen, für welchen es möglich ist die Correctionsformeln zu berechnen; dieser Fall ist, wenn, angefangen von einer verticalen Grundebene, sich σ_0 nach beiden Seiten hin zwar regelmässig, aber nicht in gleicher Weise ändert, so dass die Dämpfungsfunction nach der einen Seite hin sich als gleich $1 - b\varphi^2$ und nach der anderen gleich $1 - b'\varphi^2$ erweist. Es ist unschwer für diesen Fall die aufeinanderfolgenden Geschwindigkeiten $v_1, v_2, \ldots$ hierauf die Amplituden θ_n, die Bögen Φ_n u. s. w. zu berechnen. Wir wollen nur eine, durch ihre relative Einfachheit ausgezeichnete Formel erwähnen: die Correctionsformel für den Fall der Benutzung der Weber'schen Multiplicationsmethode.

Es sei

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - F_1(\theta_\infty, \theta'_\infty)\right\}$$

die verallgemeinerte Formel (33, f) für den Fall, dass nach beiden Seiten hin die Dämpfungsfunction von der Form $1 - b\varphi^2$ wäre und ebenso

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - F_2(\theta_\infty, \theta'_\infty)\right\},$$

wenn sie von der Form $1 - b'\varphi^2$ wäre. Für den betrachteten Fall lautet dann die Correctionsformel:

$$\frac{J}{J'} = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - \tfrac{1}{2}F_1(\theta_\infty, \theta'_\infty) - \tfrac{1}{2}F_2(\theta_\infty, \theta'_\infty)\right\}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(60, e)}$$

wo θ_∞ und θ'_∞, wie früher die halben constant gewordenen Schwingungsbögen bedeuten, die aber diesmal aus zwei ungleichen Amplituden bestehen. Man darf wohl annehmen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Gleichung (56, b) oder (58, b) sich als erfüllt erweisen und also die Dämpfungsfunction von der Form $1 - b\varphi^2$ sein wird.

§ 26.

Ueber die Veränderlichkeit der Constanten b.

Wir setzen jetzt voraus, dass sich die Dämpfungsfunction wirklich als von der Form $1 - b\varphi^2$ erwiesen hat und wollen untersuchen, welchen Aenderungen die Constante b unterworfen ist und wie sich diese Aenderungen aus den jedesmal beobachteten Werthen des Decrementes λ_0 berechnen lassen. Man begreift leicht, von welcher Wichtigkeit die Möglichkeit einer solchen Berechnung sein muss, da die Constante b selbstverständlich nicht an jedem Beobachtungstage bestimmt werden kann, weil dies eine immerhin bedeutende Arbeit ist, die nicht mehr als einmal zu machen erwünscht ist. *Das Decrement λ_0 muss durchaus an jedem Beobachtungstage bestimmt werden.* Dies kann in wenigen Minuten ausgeführt werden, wenn der Dämpfer bereits richtig aufgestellt ist. Man braucht nur etwa vier Mal den Magneten zuerst nach der einen und dann nach der andern Seite abzulenken, jedesmal um möglichst nahedenselben Bogen und je drei Umkehrpuncte zu beobachten. Man nimmt dann das Mittel aus *allen* $\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_2}$. Dann subtrahirt man αS_1^2, s. (51, c), *welche Grösse ein für allemal berechnet ist* und dividire durch m, wo $\mathrm{Lg}\, m = 0{,}63778 - 1$; man erhält so das Decrement σ, zu welchem man die, *ebenfalls ein für allemal berechnete* Grösse

$$\mu = \frac{(1 + e^{-3\lambda_0})(1 - e^{-\lambda_0})(7\lambda_0^2 + \pi^2)b}{2(1 + e^{-\lambda_0})^2(\lambda_0^2 + 4\pi^2)}\Phi^2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(61)}$$

s. (58, d), zu addiren hat, wodurch λ_0 erhalten wird. In (61) hat man für λ_0 und b die irgend einmal erhaltenen Werthe einzusetzen. Noch einfacher ist es $\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_2}$ direct durch m zu dividiren und die *ein für allemal berechnete* Grösse

$$\mu = \alpha m^{-1} S_1^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(61, a)}$$

zu addiren.

Die Gründe, aus welchen λ_0 sich ändert, können sehr verschiedenartig sein. Nehmen wir an, dass die dämpfende Kraft F aus drei Theilen besteht: f_1, herrührend von dem Luft-

widerstand (Decrement ν, Coefficient $b = 0$), f_2, herrührend von festen Massen (Decrement $\lambda_{0,1}$, Coefficient b_1) und f_3, herrührend von Drähten (Decrement $\lambda_{0,2}$, Coefficient b_2). In diesem Falle ist

$$\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} = \frac{\nu}{\sqrt{\pi^2 + \nu^2}} + \frac{\lambda_{0,1}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_{0,1}^2}} + \frac{\lambda_{0,2}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_{0,2}^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (62, \text{a})$$

$$\frac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_0^2}} = \frac{\lambda_{0,1} b_1}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_{0,1}^2}} + \frac{\lambda_{0,2} b_2}{\sqrt{\pi^2 + \lambda_{0,2}^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (62, \text{b})$$

s. (55, a) und (55, b).

Die Grösse ν kann sich mit der Temperatur, dem Druck und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ändern. Doch muss man annehmen, dass diese Aenderungen nur sehr geringen Einfluss haben, da einerseits ν klein ist im Vergleich mit λ_0 und andererseits von Tag zu Tag Aenderungen der Grösse λ_0 beobachtet werden, welche grösser sind, als die Grösse ν.

Die Decremente $\lambda_{0,1}$ und $\lambda_{0,2}$ ändern sich vor Allem mit der Temperatur; ferner mit der Grösse der horizontalen Componente des Erdmagnetismus und endlich müssen sie abhängen von der Lage des Magneten innerhalb des Dämpfers, welche sich beim Herausnehmen und wieder Einlegen des Magneten ändern kann. Ausserdem kann das Decrement $\lambda_{0,2}$ sich noch in den weitesten Grenzen ändern, wenn Widerstandsmassen in derjenigen Kette eingeschalten oder ausgeschlossen werden, zu welcher der dämpfende Draht gehört. Die Aenderung der Temperatur und der horizontalen Componente des Erdmagnetismus und die Einführung oder Ausschaltung von Widerständen, die weit genug entfernt sind, kann keinen Einfluss auf die Constanten b_1 und b_2 haben. Man begreift dies ohne Weiteres und das Letztere wurde auch durch die Versuche bestätigt. Die Aenderung der Lage des Magneten im Dämpfer ist thunlichst zu vermeiden, indem jedesmal der Magnet sorgfältig in die frühere Lage zurückgelegt wird. Uebrigens kann die Wirkung dieses Umstandes auch ein für allemal untersucht werden, indem für zwei bis drei Lagen des Magneten, worunter zwei äusserste, die Constante b bestimmt wird. Man variirt dabei die Horizontalität des Magneten, die Lage seines Centrums u. s. w.

Wir können also b_1 und b_2 als wirklich absolut constante Grössen betrachten.

Es fragt sich aber nun, in wie weit die oben erwähnten Umstände auf den Werth von b einen Einfluss haben. Es seien durch λ_0 und b die Werthe dieser Grössen bezeichnet, wie sie einmal bei einer Untersuchung nach den oben beschriebenen Methoden gefunden wurden. An einem anderen Tage wurde nun nach der kurzen, in diesem § angegebenen Methode für λ_0 ein anderer Werth λ'_0 erhalten. Der neue hieraus zu berechnende Werth von b sei b'.

I. Reiner Massendämpfer.

1) *Es ist möglich schnell und bequem jedesmal auch die Grösse ν, das Decrement, welches allein vom Luftwiderstand hervorgerufen wird, zu bestimmen.* Ursprünglich waren die Werthe λ_0, b und ν gefunden worden. Daraus findet sich

$$b_1 = \frac{\frac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}}{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} - \frac{\nu}{\sqrt{\pi^2+\nu^2}}} = \frac{b}{1 - \frac{\nu\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\lambda_0\sqrt{\pi^2+\nu^2}}} \quad \text{(63, a)}$$

eine absolut constante, ein für alle Mal berechnete Grösse.

An einem anderen Tage fanden sich ν' und λ'_0; dieselbe Constante b_1 ist nun gleich einem Ausdruck, welcher erhalten wird, wenn in (63, a) b, ν und λ_0 durch b', ν' und λ'_0 ersetzt werden. Hieraus finden wir

$$b' = b_1 \left\{ 1 - \frac{\nu'\sqrt{\pi^2+\lambda'^2_0}}{\lambda'_0\sqrt{\pi^2+\nu'^2}} \right\}, \quad \text{(63, b)}$$

wo b_1 ein für allemal bestimmt ist.

Nach dieser Formel berechnen wir also den jedesmaligen Werth der, die Dämpfungsfunction bestimmenden, Constanten. Wir bemerken noch die aus (63, a) und (63, b) folgende Formel

$$b' = \frac{1 - \frac{\nu'\sqrt{\pi^2+\lambda'^2_0}}{\lambda'_0\sqrt{\pi^2+\nu'^2}}}{1 - \frac{\nu\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}{\lambda_0\sqrt{\pi^2+\nu^2}}} b. \quad \text{(63, c)}$$

2) *Es ist nicht möglich oder nicht erwünscht jedesmal auch das Decrement ν zu bestimmen, welches jedoch einmal bestimmt worden ist.* Wir müssen die Veränderungen dieser Grösse vernachlässigen, was wohl in allen Fällen geschehen kann. b' wird erhalten, indem in (63, c) ν' durch ν ersetzt wird. Da die Veränderungen $\Delta\lambda_0 = \lambda'_0 - \lambda_0$ bei Massendämpfern jedenfalls nur gering sein können, so kann man eine zur Berechnung sehr bequeme Formel entwickeln, wenn b' nach Potenzen von $\Delta\lambda_0$ zerlegt wird. Man erhält so

$$b' = b + N(\lambda'_0 - \lambda_0), \quad \text{(64, a)}$$

wo der Coefficient

$$N = \frac{\pi^2 \nu b}{\lambda_0\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}\left\{\lambda_0\sqrt{\pi^2+\nu^2} - \nu\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}\right\}}, \quad \text{(64, b)}$$

ein für allemal ausgerechnet wird.

3) *Es ist überhaupt nicht möglich ν zu bestimmen.* In diesem Falle muss man den Umstand ausser Acht lassen, dass der Theil ν des Decrementes λ_0 fast nicht Theil nimmt an der Veränderung desselben, welche fast nur von der Veränderung des anderen Theiles $\lambda_{0,1}$ herrührt. Wird mit anderen Worten $\lambda_{0,1}$ mit λ_0 identificirt, so kann die Veränderung dieser Grösse auf b keinen Einfluss mehr haben — *man muss also annehmen, dass b völlig constant ist.* Der hieraus resultirende Fehler kann nur gering sein, da N in (64, b) nahe gleich

$\frac{\nu b}{\lambda_0^2}$, also der relative Fehler $\frac{\Delta b}{b}$ nahe gleich $\frac{\nu}{\lambda_0^2}\Delta\lambda_0$ ist; letzterer ist also um $\frac{\nu}{\lambda_0}$ Mal kleiner als die relative Veränderlichkeit des Decrementes $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0}$.

II. Reiner Drahtdämpfer. Das Decrement ν ist jedenfalls sehr leicht jederzeit zu bestimmen, indem die Kette geöffnet wird, in welche der dämpfende Draht eingeht. Wird ν bei jeder Beobachtung bestimmt, so hat man (63, b) zu benutzen. Soll dies jedoch vermieden werden und bleibt die, den dämpfenden Draht enthaltende Kette unverändert, so kann (64, a) benutzt werden. Ist jedoch der Widerstand dieser Kette durch Ein- oder Ausschalten von Drähten bedeutend verändert worden, so das $\lambda'_0 - \lambda_0$ nicht mehr relativ klein ist, so wird b' nach der Formel

$$b' = b_1 \left\{ 1 - \frac{\nu\sqrt{\pi^2+\lambda'^2_0}}{\lambda'_0\sqrt{\pi^2+\nu^2}} \right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (65)$$

berechnet, welche mit Hülfe von (63, a) für kleines $\lambda'_0 - \lambda_0$ in (64, a) übergeht.

III. Gemischter Dämpfer, besteht aus Massen und Drähten. Wir benutzen die in (62, a) und (62, b) eingeführte Bezeichnungsweise, so dass wir also bei geschlossenem Draht b und λ_0 haben; die Luft allein giebt ν, die Masse allein $\lambda_{0,1}$ und b_1 und der Draht allein $\lambda_{0,2}$ und b_2. Wir fügen noch die Grössen $\lambda_{0,3}$ und b_3, welche sich auf den Fall beziehen mögen, dass der dämpfende Draht geöffnet ist, also Luft und Metallmasse zusammen wirken.

Die 9 in Betracht kommenden Grössen sind durch folgende vier Gleichungen verbunden:

$$\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} = \frac{\lambda_{0,2}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,2}}} + \frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (66, a)$$

$$\frac{\lambda_0 b}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} = \frac{\lambda_{0,2} b_2}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,2}}} + \frac{\lambda_{0,3} b_3}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (66, b)$$

$$\frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}} = \frac{\lambda_{0,1}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,1}}} + \frac{\nu}{\sqrt{\pi^2+\nu^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (66, c)$$

$$\frac{\lambda_{0,3} b_3}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}} = \frac{\lambda_{0,1} b_1}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,1}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (66, d)$$

1) *Das Decrement ν ist bekannt.* Eine Untersuchung bei geöffnetem Draht gab $\lambda_{0,3}$ und b_3; die beiden letzten Formeln ergeben

$$b_1 = \frac{\frac{b_3\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}}}{\frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda^2_{0,3}}} - \frac{\nu}{\sqrt{\pi^2+\nu^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (67, a)$$

Eine zweite Untersuchung, bei geschlossenem Drahte, gab λ_0 und b. Dann ist

$$b_2 = \frac{\frac{\lambda_0 b'}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} - \frac{\lambda_{0,3} b_3}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}}}{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} - \frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (67, \text{b})$$

Die so ein für allemal erhaltenen Coefficienten b_1 und b_2 stellen absolut constante Grössen dar.

An einem andern Tage werden nun zwei Decremente beobachtet, welche wir, um die Formeln nicht zu verwickeln, wiederum durch $\lambda_{0,3}$ (bei geöffnetem Dämpfungsdrahte) und λ_0 (bei geschlossenem Drahte) bezeichnen wollen. Es ist dann

$$b' = \frac{b_1\left\{\frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}} - \frac{\nu}{\sqrt{\pi^2+\nu^2}}\right\} + b_2\left\{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} - \frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}}\right\}}{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}}, \quad \ldots\ldots\ldots (68)$$

wo b_1 und b_2 ein für allemal bestimmte Constanten sind.

2) *Das Decrement ν ist unbekannt.* Dann kann wohl b_2 mit Hülfe (67, b), nicht aber b_1 gefunden werden, da in (67, a) das Decrement ν eingeht. Beobachtet man an irgend einem Tage $\lambda_{0,3}$ und λ_0, so kann b' nach der Näherungsformel

$$b' = \frac{\frac{\lambda_{0,3} b_3}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}} + b_2\left\{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}} - \frac{\lambda_{0,3}}{\sqrt{\pi^2+\lambda_{0,3}^2}}\right\}}{\frac{\lambda_0}{\sqrt{\pi^2+\lambda_0^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (69)$$

berechnet werden. Hier ist für den ersten Bruch im Zähler der *früher* bei der ersten Untersuchung gefundene Werth einzusetzen. Der in (69) enthaltene Fehler ist gering, wenn die Hauptänderungen (z. B. durch Ein- oder Ausschalten von Widerständen in der Kette) auf Rechnung des Decrementes $\lambda_{0,3}$ zu setzen sind, also nicht in $\lambda_{0,3}$, sondern erst in λ_0 auftreten.

Es dürfte nützlich sein die Werthe von b', der Constanten p_2, q_2 und r_2 und wo möglich derjenigen Combinationen derselben, welche in die zu benutzenden Correctionsformeln eingehen, ein für allemal für einige erwiesenermassen vorkommende Werthe des Decrementes zu berechnen, um nachher durch blosses Interpoliren die Rechnung noch mehr zu vereinfachen.

§ 27.

Zweite Methode Dämpfer experimentell zu untersuchen.

Directe Bestimmung der Constanten q_2.

Wir wollen voraussetzen, dass der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt und so aufgestellt ist, dass diese Ebene mit der Ebene des magnetischen Meridianes zusammenfällt. Diese Aufstellung kann stattfinden, erstens, wenn die erste Methode angewendet worden ist und der Winkel ψ (der Winkel zwischen den beiden Spiegeln bei der gesuchten Aufstellung), s. (56, b) oder (58, b), gefunden ist; zweitens kann sie auch direct aufgesucht werden. Dazu müssen, wie bei Anwendung der Methode B, pag. 76, die Decremente σ_g für zwei gleich grosse Schwingungsbögen von entgegengesetzten Vorzeichen Φ_1 und $-\Phi_1$ gefunden werden. Die Decremente werden im Allgemeinen verschieden sein. Wir drehen nun den Dämpfer nach derjenigen Seite, nach welcher die erste Ablenkung stattfand, als das grössere von den beiden Decrementen erhalten wurde. Die Drehung setzen wir so lange fort, bis die beiden Decremente gleich werden.

Ist der Dämpfer richtig aufgestellt, so bestimmen wir die Grösse des Decrementes σ für mehrere (mindestens zwei) positive und negative Werthe des Bogens Φ und bestimmen, indem wir

$$\sigma = \lambda_0 + K_2 \Phi^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(70, a)}$$

ansetzen, empirisch die Constanten λ_0 und K_2; von diesen wird λ_0 nicht identisch sein mit dem, an einem anderen Tage nach der ersten Methode gefundenen λ_0. Nach (38, e) ist

$$K_2 = \frac{(1+e^{-2\lambda_0})(1-e^{-\lambda_0})}{(1+e^{-\lambda_0})^2} q_2,$$

also

$$q_2 = \frac{(1+e^{-\lambda_0})^2}{(1+e^{-2\lambda_0})(1-e^{-\lambda_0})} K_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(70, b)}$$

Sind λ_0 und K_2 empirisch bestimmt, so berechnet sich nach dieser Formel die Constante q_2, welche in die Formeln (38, a) bis (38, k) eingeht.

Ist der so gefundene Werth von q_2 nahe gleich dem nach der ersten Methode Formel (59, b) bestimmten Werthe, so liegt darin ein Criterium der Richtigkeit der Gleichung (56, c). Uebrigens ist wohl in Betracht zu ziehen, dass diese zweite Methode viel weniger genau ist, als die erste, so dass völlige Uebereinstimmung nicht zu erwarten ist.

Hat man q_2 aus (70, b) bestimmt, so kann man, unter *Voraussetzung* der Gültigkeit der Gleichung (56, c), auch direct b, p_2 und r_2 berechnen, was von Wichtigkeit ist für den Fall, dass die erste Methode nicht anzuwenden wäre, weil z. B. der Dämpfer nicht drehbar gemacht werden könnte.

Es bestimmt sich b aus der Formel

$$b = \frac{11\pi^2+23\lambda_0^2-48(4\pi^2+\lambda_0^2)q}{24(7\lambda_0^2+\pi^2)}{}^2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (70, c)$$

welche aus (59, b) folgt und dann p_2 und r_2 aus (59, a) und (59, c).

§ 28.

Dritte Methode Dämpfer experimentell zu untersuchen.

Nur bei Drahtdämpfern anwendbar.

Haben wir es mit einem Drahtdämpfer zu thun, so kann die Richtigkeit der Gleichung (56, c) auf die folgende Weise geprüft werden. Wir führen in die Kette, von welcher der dämpfende Draht ein Theil ist, nach einander verschiedene Widerstände ein, z. B. Siemen'sche Einheiten.

Mit der Vergrösserung des Widerstandes der Kette wird λ_0 kleiner. Durch das Einführen der Widerstände kann aber die Constante b_2, durch welche die, von dem Draht allein herrührende, Dämpfungsfunction $1-b_2\varphi^2$ bestimmt wird, nicht verändert werden, vorausgesetzt, dass die neu eingeführten Massen weit genug von dem Magneten entfernt sind, um nicht selbst auf die Bewegungen desselben dämpfend einwirken zu können. Für verschiedene Werthe der eingeführten Widerstände erhalten wir nach der ersten Methode, § 23 (56, b), für das logarithmische Decrement bei unendlich kleinen Schwingungen die Werthe

$$\lambda_0, \lambda_0^{(1)}, \lambda_0^{(2)}, \ldots \lambda_0^{(n)}, \ldots$$

Für jeden Fall berechnen wir den Coefficienten b_2 nach der Formel (54, e), wenn wir es mit einem reinen Drahtdämpfer, nach (67, b), wenn wir es mit einem gemischten Dämpfer zu thun haben.

Ist die Gleichung (56, c) richtig, so muss bei jedem Werthe des eingeführten Widerstandes immer derselbe Werth für b_2 erhalten werden.

§ 29.

Vierte Methode Dämpfer experimentell zu untersuchen. — Directe Bestimmung der Constanten r_2 für Drahtdämpfer.

Wenn (57) und (70, c) völlig verschiedene Werthe ergeben, wir also annehmen müssen, dass ausser den in (56, c) berücksichtigten Gliedern noch andere vorhanden sind; wenn eine der oben erwähnten Methoden sich aus irgend einem Grunde nicht als bequem ausführbar erweisen sollte, oder endlich wenn man wünscht noch auf anderem Wege die erhaltenen Resultate zu prüfen und zu bestätigen, so muss eine besondere Methode angewendet werden, um direct die Constante r_2 zu bestimmen, deren Werth wir in (59, c) abzuleiten verstehen, wenn b gefunden ist.

Es ist nun in der That die theoretische Möglichkeit vorhanden solche Beobachtungen zu machen, welche *direct* zur Kenntniss der Constante r_2 führen.

Wir hatten die Formeln, s. (38, a) und (38, b):

$$\vartheta_1 = \frac{v_1 t_0}{\pi} e^{-\frac{\lambda_2}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} \left\{ 1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2} \left[r_2 + q_2 e^{-2\frac{\lambda_2}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} \right] \right\} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(71, a)}$$

und

$$v_2 = -v_1 e^{-\lambda_0} \left\{ 1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2} (1 - e^{-2\lambda_0}) r_2 \right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(71, b)}$$

Diese Formeln können wir nun benutzen, um r_2 für den Fall eines Multiplicatordämpfers zu finden, welcher uns die Möglichkeit giebt durch Oeffnen und Schliessen der Kette die dämpfende Kraft momentan zu vernichten und wieder entstehen zu lassen.

Mit Hülfe dieses Umstandes und auf Grund der Formeln (71, a) und (71, b) können wir nun auf zwei Methoden die Constante r_2 bestimmen und zwar mit Zugrundelegung der folgenden zwei Betrachtungen.

1) Es sei der Magnet zuerst bei geöffneter Kette um irgend einen Winkel φ_1 abgelenkt worden, welcher beobachtet wird; bei der Rückschwingung wird im Moment wo der Magnet die Gleichgewichtslage passirt die Kette geschlossen und hierauf die erste Elongation ϑ_1 beobachtet, welche natürlich dem Winkel φ_1 entgegengesetzt gerichtet ist. Kennt man φ_1, so ist es leicht die Geschwindigkeit v_1 zu bestimmen, mit welcher der Magnet bei der Gleichgewichtslage anlangt und zwar auf Grund der Formeln, welche für eine Schwingung ohne Dämpfung gelten. Kennt man so v_1 und beobachtet ϑ_1, so findet man aus der Formel (71, a) auch die Constante r_2.

2) Nachdem der Magnet die Elongation ϑ_1 bei geschlossenem Dämpfer hin und zurück durchlaufen, öffnen wir, im Moment wo der Magnet zum zweiten Male durch die Gleichgewichtslage hindurchgeht, die Kette und beobachten die dritte Ablenkung φ_2. Kennt man

φ_2, so ist es leicht die Geschwindigkeit v_2 zu berechnen, welche der Magnet besass, als er die Gleichgewichtslage passirte. Wir kennen also v_1 und v_2 und finden nun auf Grund der Formel (71, b) die Constante r_2.

Das soeben Dargelegte bildet natürlich nicht mehr als gleichsam das Gerippe der Versuche, die leitenden Gesichtspuncte, an die wir uns beim Ausführen derselben zu halten haben. In Wirklichkeit können sie nach dem obigen Schema aus zwei Gründen nicht ausgeführt werden:

Erstens muss aus Gründen, die im § 17 mit grösster Ausführlichkeit dargelegt wurden, die Beobachtung von Winkeln, die von der Gleichgewichtslage anfangen, durchaus vermieden werden, da deren Bestimmung nie die genügende Schärfe erreichen wird.

Zweitens ist zu bemerken, dass bei geöffnetem Dämpfer die Dämpfung doch nicht Null ist, sondern einen gewissen Werth besitzt, den wir mit ν bezeichnen.

Anstatt der Elongationen φ_1, θ_1, φ_2 hat man also durchaus ganze Schwingungsbögen zu beobachten. Wir lassen also in der That den Magneten schwingen, öffnen und schliessen abwechselnd bei jedem Durchgange desselben durch die Gleichgewichtslage die Kette und beobachten die hierbei aufeinanderfolgenden ganzen Schwingungsbögen. Denjenigen Bogen, dessen erster Theil bei geöffnetem, dessen zweiter bei geschlossenem Dämpfer durchlaufen wurde, wollen wir auf eine leicht zu übersehende Weise durch $\Phi_{s,c}$ bezeichnen, wo s und c als Abkürzungen von sine und cum zu denken sind, welche Worte andeuten sollen, ob der betreffende erste oder zweite Theil des Bogens *ohne* oder *mit* Einfluss des Dämpfers durchlaufen wurde. Ebenso bezeichnen wir durch $\Phi_{c,s}$ einen Bogen, dessen erster Theil mit, dessen zweiter ohne Dämpfung durchlaufen wurde. Indem wir den Magnet auf die oben erwähnte Weise schwingen lassen, erhalten wir abwechselnd Bögen von der Art der $\Phi_{s,c}$ und der $\Phi_{c,s}$. Die Beobachtung dieser Bögen führt zu zwei Bestimmungen der Constanten r_2.

Den natürlichen Logarithmus des Verhältnisses eines Bogens $\Phi_{s,c}$ zu dem auf ihn folgenden Bogen $\Phi_{c,s}$ wollen wir nennen und bezeichnen: das logarithmische Decrement $\lambda_{s,c}$. Die gewöhnliche Theorie ergiebt, wie auch aus den Formeln weiter unten folgt:

$$\lambda_{s,c}^{(0)} = \lg \frac{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + 1}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\lambda_0}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(72, a)}$$

falls die Dämpfung ν ganz vernachlässigt werden kann. Ist dies aber nicht der Fall, so erhalten wir mit Berücksichtigung der bei geöffneter Kette verbleibenden Dämpfung, deren Mass ν ist:

$$\lambda_{s,c}^{(0)} = \lg \frac{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{\nu - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}}}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\lambda_0 - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(72, b)}$$

Diese letztere Grösse ist nach der genauen Theorie der Werth von $\lambda_{s,c}$ für unendlich kleine Schwingungen. Es sei ferner der natürliche Logarithmus des Verhältnisses eines Bogens $\Phi_{c,s}$ zu dem auf ihn folgenden Bogen $\Phi_{s,c}$ bezeichnet und genannt: das logarithmische Decrement $\lambda_{c,s}$. Die gewöhnliche Theorie ergiebt (s. weiter unten):

$$\lambda_{c,s}^{(0)} = \lg \left\{ \frac{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\lambda_0}}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + 1} e^{\lambda_0} \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (72, c)$$

Mit Berücksichtigung der Dämpfung ν erhalten wir dagegen

$$\lambda_{c,s}^{(\nu)} = \lg \left\{ \frac{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\lambda_0 - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}}}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\nu - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}}} e^{\lambda_0 + \nu} \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (72, d)$$

Durch Vergleich von (72, b) und (72, d) erhalten wir

$$\lambda_{c,s}^{(\nu)} + \lambda_{s,c}^{(\nu)} = \lambda_0 + \nu;$$

für den idealen Fall, dass die Dämpfung bei geöffneter Kette Null wäre, erhalten wir die interessante Relation:

$$\lambda_{c,s}^{(0)} + \lambda_{s,c}^{(0)} = \lambda_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (73)$$

Die genauere Theorie zeigt, dass $\lambda_{s,c}$ und $\lambda_{c,s}$ ebensowenig Constante sind, wie σ. Vielmehr ist $\lambda_{s,c}$ Function von $\Phi_{s,c}$ und $\lambda_{c,s}$ Function von $\Phi_{c,s}$. (72, b) und (72, d) sind nur die Werthe jener Decremente für unendlich kleine Bögen. Führt man alle Rechnungen aus und bestimmt jene Functionen, so findet man zwar, dass die Theorie der Versuche, die zugehörigen Formeln, in hohem Grade verwickelt werden. Doch darf man vor dieser Verwickelung nicht zurückschrecken, da andererseits die modificirte Beobachtungsweise die Möglichkeit liefert schärfer zu beobachten. Wir wollen nun $\lambda_{s,c}$ und $\lambda_{c,s}$ als Functionen von $\Phi_{s,c}$ und $\Phi_{c,s}$, d. h. von den ersten der beiden jedesmal in Betracht kommenden Bögen, bestimmen.

I. Um $\lambda_{s,c}$ zu finden berechnen wir den ersten Bogen $\Phi_{s,c}$; als unabhängige Variabele führen wir vorerst die erste Durchgangsgeschwindigkeit v_1 ein. Entsprechend dem obigen Schema besteht $\Phi_{s,c}$ aus den beiden Elongationen φ_1 und ϑ_1, deren erste wir uns entstanden denken durch eine Anfangsgeschwindigkeit v_0.

Bei Ausrechnung der Elongationen, die bei offener Kette vor sich gehen, werden wir diejenigen Formeln benutzen, welche bisher in der Theorie der gedämpften Schwingungen angewandt wurden.

Wir werden mit anderen Worten nur in die Haupttheile der Formeln die Grösse ν einführen. Wir erhalten zuerst

$$\varphi_1 = \frac{v_0 e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}} t_0}{\pi}\left\{1 + \frac{v_0^2 t_0^2}{24\pi^2}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74)$$

welcher Ausdruck aus (16, a) folgt, wenn darin im Hauptgliede $\lambda_0 = \nu$, im additiven $\lambda_0 = 0$ gesetzt wird; (s. auch die frühere Arbeit Formel [81] und folgende, wo der Coefficient $\frac{1}{24}$ auftritt; gleichfalls Wiedemann Galv. II, 217). Wir haben ferner

$$v_1 = v_0 e^{-\nu};$$

folglich ist

$$\varphi_1 = \frac{v_1 e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}+\nu} t_0}{\pi}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{24\pi^2}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74, a)$$

Die Elongation ϑ_1 erhalten wir aus (38, a) mit Vernachlässigung des Vorzeichens:

$$\vartheta_1 = \frac{v_1 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} t_0}{\pi}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\left[q_2 e^{-\frac{2\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + r_2\right]\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74, b)$$

Durch Addition von (74, a) und (74, b) erhalten wir

$$\Phi_{s,c} = \frac{v_1 t_0}{\pi}\left\{\begin{array}{l} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}+\nu} + \\ + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi}\left[q_2 e^{-\frac{3\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + r_2 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + \frac{1}{24}\right] \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (74, c)$$

Für die Geschwindigkeit v_2 erhalten wir aus (38, b):

$$v_2 = v_1 e^{-\lambda_0}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}(1 - e^{-2\lambda_0}) r_2\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74, d)$$

Ferner ist, völlig analog (74) die dritte Elongation

$$\varphi_2 = \frac{v_2 e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}} t_0}{\pi}\left\{1 + \frac{v_2^2 t_0^2}{24\pi^2}\right\}$$

Setzen wir hier statt v_2 seinen Werth aus (74, d), so erhalten wir

$$\varphi_2 = \frac{v_1 e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu} - \lambda_0} t_0}{\pi}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\left[\frac{e^{-2\lambda_0}}{24} + r_2(1 - e^{-2\lambda_0})\right]\right\} \quad \ldots\ldots \quad (74, e)$$

Durch Addition von (74, b) und (74, e) erhalten wir

$$\Phi_{c,s} = \frac{v_1 t_0}{\pi} \left\{ \begin{array}{l} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} \quad -\lambda_0 - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu} \\ \qquad + e \qquad\qquad + \\ + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\left[g_2 e^{-\frac{3\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + r_2 e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + \frac{e^{-3\lambda_0}}{24} + r_2(e^{-\lambda_0} - e^{-3\lambda_0}) \right] \end{array} \right\} \quad \ldots (74, \mathbf{f})$$

Es ist die gesuchte Grösse $\lambda_{s,c} = \lg \frac{\Phi_{s,c}}{\Phi_{c,s}}$. Wir haben also (74, c) durch (74, f) zu dividiren und dann den Logarithmus zu nehmen. Den in beiden Formeln enthaltenen Bruch $\frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}$, der vor den eckigen Klammern steht, ersetzen wir, um als unabhängige Variabele $\Phi_{s,c}$ zu erhalten durch

$$\frac{v_1 t_0}{\pi} = \frac{\Phi_{s,c}}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + 1} \quad \ldots (74, \mathbf{g})$$

Führen wir dies aus, so erhalten wir endlich

$$\lambda_{s,c} = \lg \frac{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu} + \nu}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} + e^{-\lambda_0 - \frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}}} + \xi \Phi^2_{s,c} \quad \ldots (75)$$

wo

$$\left. \begin{array}{l} \xi = \dfrac{A\left(\frac{1}{24} - r_2\right) - B q_2}{C}, \\ A = e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}(1 - e^{-3\lambda_0}) + e^{-\lambda_0} - e^{-2\lambda_0}, \\ B = e^{-\frac{3\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}(1 - e^{-\lambda_0}), \\ C = \left(1 + e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right)^3 \left(e^{-\lambda_0} + e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{r_0}}\right). \end{array} \right\} \quad \ldots (75, \mathbf{a})$$

Für unendlich kleine Schwingungen wird $\lambda_{s,c}$ identisch mit $\lambda_{s,c}^{(0)}$, s. (72, b).

II. Um $\lambda_{c,s}$ als Function des Bogens $\Phi_{c,s}$ zu finden, haben wir noch denjenigen Bogen $\Phi_{s,c}$ zu berechnen, welcher auf (74, f) folgt. Wir finden diesen Bogen, wenn wir in (74, c) statt v_1 die nächstfolgende Durchgangsgeschwindigkeit

$$v_3 = v_2 e^{-\nu} = v_1 e^{-\lambda_0 - \nu}\left\{1 + \frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}(1 - e^{-2\lambda_0}) r_2\right\}$$

einsetzen. Wir erhalten

$$\Phi_{s,c}=\frac{v_1 e^{-\lambda_0-\nu} t_0}{\pi}\left\{\begin{array}{l} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\nu}{\pi}+\nu}+ \\ +\frac{v_1^2 t_0^2}{\pi^2}\left[r_2\left(1-e^{-2\lambda_0}+e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right)+q_2 e^{-2\lambda_0-\frac{3\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+\frac{e^{-2\lambda}}{24}\right]\end{array}\right\} \quad (76)$$

Um $\lambda_{c,s}$ zu finden, haben wir (74, f) durch (76) zu dividiren und zu logarithmiren. Als unabhängige Variabele führen wir $\Phi_{c,s}$ vermittelst der, (74, g) analogen, Gleichung

$$\frac{v_1 t_0}{\pi}=\frac{\Phi_{c,s}}{e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+e^{-\lambda_0}}$$

ein und erhalten

$$\lambda_{c,s}=\lg\left\{\begin{array}{l} e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}-\lambda_0} \\ e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+e^{-\frac{\nu}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\nu}-\nu}\end{array}\right\}e^{\lambda_0+\nu}+\eta\,\Phi_{c,s}^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (77)$$

wo

$$\left.\begin{array}{l} \eta=\dfrac{e^{-2\lambda_0}\left(r_2-\frac{1}{24}\right)+Dq_2}{F}E, \\ D=e^{-\frac{2\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\left[1+e^{\lambda_0}+e^{-\lambda_0}+(1+e^{-\lambda_0})e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right], \\ E=(1-e^{-\lambda_0})e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}, \\ F=\left(e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+e^{-\lambda_0}\right)^2\left(e^{-\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}+1\right). \end{array}\right\} \ldots\ldots (77,\ a)$$

Für unendlich kleine Schwingungen wird $\lambda_{c,s}$ identisch mit $\lambda_{c,s}^{(0)}$, s. (72, d).

Die Formeln (75) und (77) geben uns die Möglichkeit direct die Constante r_2 zu bestimmen. Wir beobachten $\lambda_{s,c}$ für verschiedene $\Phi_{s,c}$ und bestimmen empirisch den Werth des Coefficienten ξ, welcher uns sofort r_2 giebt. Ebenso können wir $\lambda_{c,s}$ als Function von $\Phi_{c,s}$, d. h. η bestimmen, wodurch wir ebenfalls einen Werth von r_2 erhalten.

Es versteht sich von selbst, dass man bei der Bestimmung von $\lambda_{s,c}$ und $\lambda_{c,s}$ dieselben Vorsichtsmassregeln zu ergreifen hat, wie bei Beobachtung von σ, d. h. es müssen zugleich Beobachtungen an einem zweiten Magneten, der als Declinatorium gilt, gemacht werden; es dürfen nur die Beobachtungen in Betracht gezogen werden, während welcher jener zweite Magnet in Ruhe war und bei welcher die subjective Erkenntniss von der Genauigkeit der Ablesung vorhanden war.

Es dürfte unzweifelhaft leichter sein $\lambda_{c,s}$ zu bestimmen, als $\lambda_{s,c}$, da der Magnet bei der Bestimmung von $\lambda_{c,s}$ nach der ersten Ablenkung bei geschlossener Kette sich langsam der Ruhelage nähert, so dass es verhältnissmässig leicht ist im richtigen Momente die Kette zu

öffnen. Bei der darauf folgenden Rückkehr zur Ruhelage wird die Kette wieder geschlossen und im ganzen werden drei Umkehrpuncte beobachtet, durch welche zwei Bögen gefunden werden, in Scalentheilen ausgedrückt $S_{c,s}$ und $S_{s,c}$. Um $\lambda_{c,s}$ zu finden, berechnen wir das Mittel aus allen $\mathrm{Lg}\frac{S_{c,s}}{S_{s,c}}$ und fügen dazu die Differenz zwischen irgend einem $\mathrm{Lg}\frac{S_{c,s}}{S_{s,c}}$ und dem zugehörigen $\mathrm{Lg}\frac{\Phi_{c,s}}{\Phi_{s,c}}$, welches Letztere auf dem weitläufigen Wege der Theilung jedes Winkels in zwei Theile zu berechnen ist, wie es beispielsweise pag. 63 durchgeführt ist.

Die Formel (51, c) ist hierbei nicht zu benutzen, da der Bruch p für die beiden Bögen $\Phi_{c,s}$ und $\Phi_{s,c}$ verschiedene Werthe erhält. Wir haben endlich nur noch von dem Brigg'schen zu dem natürlichen Logarithmus überzugehen.

Wir wollen zum Schluss auf eine Verallgemeinerung der Formeln (75) und (77) hinweisen, gültig für den Fall eines gemischten Dämpfers. Es sei bei geschlossener Kette die Dämpfungsfunction $1-b\varphi^2$, das Decrement für unendlich kleine Schwingungen λ_0 und die Constanten p_2 und q_2. Bei geöffneter Kette dagegen sei das Decrement ν (identisch mit $\lambda_{0,3}$ in 66, a) und die Constanten q'_2 und r'_2. Es sei zur Abkürzung

$$\left.\begin{aligned}\mu &= \tfrac{\lambda_0}{\pi}\mathrm{arctg}\tfrac{\pi}{\lambda_0} - \tfrac{\nu}{\pi}\mathrm{arctg}\tfrac{\pi}{\nu} - \lambda_0\\ \mu' &= \tfrac{\nu}{\pi}\mathrm{arctg}\tfrac{\pi}{\nu} - \tfrac{\lambda_0}{\pi}\mathrm{arctg}\tfrac{\pi}{\lambda_0} - \nu\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(78,\ \mathbf{a})$$

Dann ist

$$\lambda_{c,s} = \lambda_{c,s}^{(0)} + \frac{Gq_2 - Hq'_2 + J(r_2 - r'_2)}{(1+e^{\mu})^3\,(e^{\mu}+e^{-\lambda_0-\nu})}\Phi^2_{c,s} = \lambda_{c,s}^{(0)} + \xi'\Phi^2_{c,s}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots(78,\ \mathbf{b})$$

wo

$$\left.\begin{aligned}G &= e^{\mu} + e^{-\lambda_0-\nu} - e^{-3\lambda_0-3\nu}(1+e^{\mu})\\ H &= e^{3\mu}(1-e^{-\lambda_0-\nu})\\ J &= e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\mathrm{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}-2\lambda_0}\left\{e^{-\lambda_0-\nu} + e^{\mu} - (1+e^{\mu})e^{-\lambda_0-3\nu}\right\}\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots(78,\ \mathbf{c})$$

Ferner ist

$$\lambda_{s,c} = \lambda_{s,c}^{(0)} + \frac{G_1 q'_2 - H_1 q_2 + J_1(r'_2 - r_2)}{(1+e^{\mu'})^3\,(e^{\mu'}+e^{-\lambda_0-\nu})}\Phi^2_{s,c} = \lambda_{s,c}^{(0)} + \eta'\Phi^2_{s,c}\quad\ldots\ldots(78,\ \mathbf{d})$$

wo

$$\left.\begin{aligned}G_1 &= e^{\mu'} + e^{-\lambda_0-\nu} - e^{-3\lambda_0-3\nu}(1+e^{\mu'})\\ H_1 &= e^{3\mu'}(1-e^{-\lambda_0-\nu})\\ J_1 &= e^{2\frac{\nu}{\pi}\mathrm{arctg}\frac{\pi}{\nu}-2\nu}\left\{e^{-\lambda_0-\nu} + e^{\mu'} - (1+e^{\mu'})e^{-\nu-3\lambda_0}\right\}\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots(78,\ \mathbf{e})$$

Man begreift, dass η' aus ξ' erhalten wird, wenn λ_0 statt ν und ν statt λ_0 eingesetzt werden. Wird in den additiven Gliedern dieser Formeln $\nu = 0$ und

$q'_2 + r'_2 = \frac{1}{24}$ $\left(\lambda_0 = 0 \text{ in (37, a) giebt } q_2^{(1)} + r_2^{(1)} = \frac{1}{24}\right)$ gesetzt, so erhalten wir (75) und (77).

Cap. V.

Mittheilung der vorläufigen Versuche.

§ 30.

Versuche die im Sommer 1879 in Pawlowsk an dem Multiplicator Meyerstein ausgeführt wurden.

Eine allgemeine mathematische Theorie eines Instrumentes muss begreiflicherweise von fraglichem Werthe sein, so lange die Richtigkeit und vor Allem die Anwendbarkeit derselben nicht durch Versuche nachgewiesen ist. In die theoretischen Formeln können Grössen eingehen, welche gar nicht oder nur sehr schwer aus den Versuchen zu bestimmen sind; die, zur Bestimmung dieser Grössen erfundenen Methoden sind genau und allseitig zu prüfen. Dies wäre eine Art von Versuchen, welche die mathematische Theorie begleiten müssen. Eine ganz andere Art von Versuchen wären solche, welche zur factischen Untersuchung verschiedenartiger Dämpfer, ihrer Vergleichung unter einander u. s. w. dienen. — Unsere Arbeit ist eine theoretische und daher gehören alle zu besprechenden Versuche zur ersten Art — *es sollen die Theorie und nicht die Dämpfer geprüft werden.* Die Versuche sollten zeigen, dass es möglich ist auf Grund der Theorie *nützliche* Kenntnisse bezüglich des untersuchten Dämpfers zu erwerben. Als Stütze der Theorie waren unsere Versuche für Erstere von wesentlichem Nutzen. So waren z. B. ursprünglich in alle Formeln die Amplitude θ und das Decrement λ eingeführt. Gleich der erste Versuchstag bewies, dass es unmöglich sei diese Grössen mit genügender Genauigkeit zu bestimmen (s. § 17), dass in die Formeln die ganzen Bögen Φ und das Decrement σ einzuführen seien. Ferner wiesen die Versuche auf die Abhängigkeit des Decrementes von der Richtung des ersten Ausschlages hin, eine Abhängigkeit, deren Nothwendigkeit auf Grund der Formeln übersehen worden war. Als sie bemerkt war, wurde es leicht, jene ausserordentlichen Vereinfachungen für den Fall einzuführen, dass der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene besitzt, eine Vereinfachung, welche darauf beruht, dass in den Formeln die additiven Glieder von der relativ ersten und dritten Ordnung verschwinden (s. Seite 55). Endlich wiesen auch die, ursprünglich nach der zweiten Methode ausgeführten, Versuche ganz zufällig auf die erste Methode hin (§ 23).

Die Hauptresultate der, in diesem Capitel kurz zu erwähnenden, Versuche sind somit in den Cap. III und IV enthalten.

Als im Sommer 1879 die ersten Versuche in Pawlowsk ausgeführt wurden, war die Theorie noch wenig vorgeschritten und die Abhängigkeit des Decrementes von der Richtung des ersten Ausschlages noch unbekannt.

Die meisten der in Cap. III erwähnten Vorsichtsmassregeln waren aus Unkenntniss ausser Acht gelassen. Anstatt z. B. nach jeder Ablenkung nur drei Umkehrpuncte zu beobachten, wurden deren meist 8, oft sogar 12 beobachtet. Obgleich ferner nach jeder solchen Reihe die Stellung des Declinators angeschrieben wurde, geschah dies doch viel zu selten, nämlich alle 2—3 Minuten einmal, da die Schwingungszeit der Magneten etwa 21 Sec. betrug. Fast jedesmal zeigte sich dabei eine Aenderung in der Stellung des Declinators, so dass es unmöglich ist die tauglichen Beobachtungen von den werthlosen zu unterscheiden. Selbst in den wenigen Fällen wo das Declinatorium vor und nach dem Versuche dieselbe Zahl aufwies, konnte man nicht überzeugt sein, dass der Magnet wirklich auch während des Versuches unbeweglich geblieben war. Endlich wurden die ersten Ablenkungen stets nach derselben Seite ausgeführt — während die Richtung derselben hätte gewechselt werden müssen. Aus Allem Dem folgt, dass die, im Sommer 1879 in Pawlowsk ausgeführten Versuche durchaus ungenügend waren, aber trotzdem ist das erhaltene Resultat nicht völlig werthlos.

Der Meyerstein'sche Multiplicator ist ausführlich beschrieben von H. Wild in «Ueber die Bestimmung der absol. Inclin. mit d. Inductions-Inclinatorium», Mém. de l'Acad., VII Série T. XXVI № 8 pag. 4. Seine innere Höhlung ist 517^{mm} lang, 101^{mm} breit und 46^{mm} hoch; der Multiplicator besteht aus etwa 300 Windungen eines Drahtes von $3{,}2^{mm}$ Dicke. Der Magnet wiegt 698 gr.; seine Form ist die eines Parallelipipedes von 500^{mm} Länge und 37^{mm} Breite; seine Schwingungszeit 21,5 Sec.; sein magnetisches Moment $2{,}0175 . 10^8$ bei $17{,}5^{\circ}$ C. (Millim. und Milligr.).

Das Logarithmische Decrement bei geöffneter Kette ist gleich $\nu = 0{,}02843$.

Die Entfernung von Scala und Spiegel ist 4212^{mm}; die Scala ist ein Meter; 0,1 Scalentheil sind bequem abzulesen. Abgelenkt wurde der Magnet, indem ein Strom durch einen besonderen, mehrmals um den Dämpfer gewickelten Draht hindurchgesandt wurde. Die erste Methode war damals noch nicht aufgefunden worden; auch hätte man sich ihrer eventuell garnicht einmal bedienen können, da der Dämpfer nicht drehbar war. Unter Anwendung der zweiten Methode wurde aus den Versuchen, die hier nicht weiter dargelegt werden sollen, für die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten gefunden:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 + 0{,}45\,\varphi - 17\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0.$$

§ 31.

Versuche, die im Winter 1879—80 im phys. Cabinet der Akademie an einem Massendämpfer von elliptischer Form ausgeführt wurden.

Der im physicalischen Cabinet der Akademie untersuchte Massendämpfer ist sehr ähnlich demjenigen, welchen Weber in den Electrodyn. Massbest. II Abhandl. Beilage B, pag. 337 (Zeichnung auf pag. 338) beschreibt.

Der Dämpfer hat die Form eines horizontalen elliptischen Cylinders. Die grosse horizontale Axe der Ellipse ist 133^{mm}, die kleine, verticale 78^{mm} lang; die Länge des Cylinders 86^{mm}, seine Dicke 11,5^{mm}. Der Magnet ist cylindrisch; seine Länge beträgt 124^{mm}, sein Diameter 15^{mm}; seine Schwingungszeit ist nahe 10 Sec. Das logarithmische Decrement ist etwa 0,4, also die dämpfende Kraft im Allgemeinen gering.

Die Scala hatte 1400 Scalentheile, jede gleich 0,5 russ. Linien. Die Entfernung von Scala und Spiegel $\varepsilon = 4212$ Scalentheile.

Der Dämpfer lässt sich um eine verticale Axe drehen, während mit Hülfe eines Nonius auf einem horizontalen Kreise sich Winkel ablesen lassen. Um den Magneten abzulenken wurde der Strom eines Daniell'schen Elementes benutzt, welcher durch einen der Drähte, die um den Dämpfer gewickelt sind, hindurchgesandt wurde; in die Kette waren überdies 1000 Siem. Einh. eingeführt. Wurde der Strom geschlossen, so hörte die Scala infolge der schnellen Bewegung des Magneten auf sichtbar zu sein; beim Erscheinen des schwarzen Streifens (pag. 66) wurde der Strom geöffnet. In dem Moment wo der Magnet stehen blieb, wurde die Scala während einer sehr geringen Zeit sichtbar, in Folge dessen die Versuche mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft waren und nur nach andauernder Uebung und bei sehr heller Beleuchtung wurde es möglich 0,1 Scalentheil sogar bei der grösstmöglichsten Ablenkung sicher zu beobachten.

Die Scala wurde sorgfältig untersucht und das Resultat nach den beiden pag. 64 dargelegten Methoden geprüft. Zuerst wurde sie so aufgestellt, dass die Ruhelage sich bei der Zahl 841 befand. Es wurden folgende Beobachtungen gemacht:

				σ_g	Mittel
I	161,6	1285,1	530,2	0,17110	
II	147,7	1293,1	523,8	0,17110	0,17106.
III	150,5	1296,6	526,4	0,17106	
IV	152,5	1295,2	527,1	0,17097	

In den ersten drei Colonnen stehen die, bei den vier Schwingungen beobachteten (je drei), Umkehrpuncte; in der letzten die Brigg'schen logarithmischen Decremente.

Hierauf wurde die Scala so verschoben, dass die Ruhelage sich bei der Zahl 690 befand. Beobachtungen:

				σ_g	Mittel
I	13,0	1133,5	380,9	0,17126	
II	2,0	1141,5	375,6	0,17091	
III	1,6	1141,5	375,6	0,17110	017110.
IV	9,9	1136,5	379,6	0,17113	
V	6,8	1138,5	378,2	0,16112	
VI	4,8	1139,9	377,3	0,17113	

Obwohl die Beobachtungen so zu sagen an einer anderen Stelle der Scala ausgeführt wurden, ist doch der frühere Werth des Decrementes wiedererhalten worden.

Einige Tage später wurden die bei gewöhnlicher und bei umgekehrter Lage der Scala gefundenen Resultate untereinander verglichen. Bei der gewöhnlichen Lage wurden z. B. die folgenden Umkehrpuncte beobachtet:

7,7 1271,6 423,4

bei umgekehrter z. B.:

1423,6 167,2 1010,9.

Die wirklichen Ablenkungen sind selbstverständlich stets nach derselben Seite hin gemacht worden. Bei der ersteren Lage wurde im Mittel $\sigma_g = 0{,}17114$, bei der letzteren $\sigma_g = 0{,}17092$ erhalten. Die Differenz ist gering, besonders wenn man bedenkt, dass es ziemlich schwierig ist bei verkehrter Lage der Scala zu beobachten. Zuerst wurde diejenige Aufstellung des Dämpfers aufgesucht, bei welchem die Grösse des Decrementes unabhängig ist von der Richtung des ersten Ausschlages. Diese Stellung wurde gefunden, als der oben erwähnte Nonius auf 68° zeigte.

Als die zweite Methode (§ 27) angewandt wurde, zeigte es sich, dass das Decrement σ sich nur sehr wenig in Abhängigkeit von der Grösse des Bogens Φ veränderte, so dass es schwer war auch nur zwei Werthe des Decrementes genau zu bestimmen und zwar für die Werthe der betreffenden ersten Schwingungsbögen:

$$\Phi_1 = 8^\circ\ 24'\ 55'' = 0{,}14675$$

und

$$\Phi_2 = 3^\circ\ 51'\ 29'' = 0{,}06734.$$

Für die Brigg'schen Logarithmen wurden folgende Zahlen erhalten:

σ'_g	σ''_g
0,17288	0,17330
0,17275	0,17336
0,17283	0,17323
0,17302	0,17311
0,17287	0,17278
0,17303	0,17280
Mittleres $\sigma'_g = 0{,}17289$	0,17338
	0,17312
	0,17317
	0,17314
	0,17300
	Mittleres $\sigma''_g = 0{,}1713$

Die Differenz $\sigma'_g - \sigma''_g = 0{,}00024$ ist so klein, dass es unmöglich ist, sich auf diesen Werth zu verlassen. In natürlichen Logarithmen erhalten wir $\sigma' - \sigma'' = 0{,}00055$. Setzen wir $\sigma' - \sigma'' = K_2(\Phi_1^2 - \Phi_2^2)$, s. § 27, so erhalten wir auf Grund der Formeln (70, b), (70, c) und (59, c):

$$q_2 = -0{,}259,\ r_2 = -0{,}258$$

und

$$b = 2{,}04.$$

Der Werth von b ist sehr unzuverlässig, da die Differenz $\sigma' - \sigma''$ so ausserordentlich klein ist.

Einen fixen Spiegel hatte der Dämpfer nicht und seine Stellung konnte nur durch den am horizontalen Kreise mit dem Nonius abgelesenen Winkel, den wir durch $\mathfrak{P}$ bezeichnen wollen, bestimmt werden. Sei wiederum ψ der unbekannte Specialwerth dieses Winkels, für welchen die verticale Symmetrieebene des Dämpfers mit der Ebene des magnetischen Meridianes zusammenfällt, so ist der bei der Drehung des Dämpfers sich ändernde Winkel zwischen der verticalen Symmetrieebene und der Ebene des magnetischen Meridianes $\omega = \mathfrak{P} - \psi$.

Die erste Methode wurde drei Mal angewandt, wobei die Lage des Magneten sich jedesmal ein wenig änderte. Die absolute Grösse des Decrementes änderte sich in Folge dessen sehr bedeutend, dagegen blieb das Gesetz seiner Aenderung nach beiden Seiten hin fast unverändert.

Folgendes sind die Resultate der Versuche:

I		II		III	
Ψ	σ_0	Ψ	σ_0	Ψ	σ_0
50°	0,3261	50° 40′	0,3298	59°	0,3383
60°	0,3749	55° 40′	0,3625	65°	0,3990
70°	0,3882	59° 40′	0,3784	70°	0,3986
80°	0,3565	65° 40′	0,3938	90°	0,2877
90°	0,2898	72° 40′	0,3898		
		80° 40′	0,3650		
		87° 40′	0,3163		

Setzt man $\sigma_0 = \lambda_0 - L_2 (\Psi - \psi)^2$, s. (56, b), so erhält man:

I	II	III
$\psi = 67° 44'$	68° 32′	67° 2′
$\lambda_0 = 0{,}3892$	0,3954	0,3997
$L_2 = 0{,}658$	0,676	0,695

Wir wollen den letzten der drei Werthe von L_2 den weiteren Betrachtungen zu Grunde legen, da er derjenigen Stellung des Magneten entsprach, bei welcher die oben erwähnte Untersuchung nach der zweiten Methode stattfand. λ_0 und L_2 der dritten Colonne entnommen, geben nach der Formel (57)

$$b = 1{,}72.$$

Dieser Werth unterscheidet sich aber sehr bedeutend von dem oben erhaltenen $b = 2{,}02$, dessen Richtigkeit höchst fraglich ist. Legt man dem eben gefundenen Werthe 1,72 von b ein grösseres Gewicht bei, als dem obigen $b = 2{,}02$, so erhält man als ungefähre Differentialgleichung der Bewegung des Magneten:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\varphi}{dt}(1 - 1{,}8\,\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0.$$

Nimmt man $b = 1{,}8$ an, so erhält man $q_2 = -0{,}228$ und $r_2 = 0{,}227$.

ANHANG.

Ueber die im Sommer 1880 ausgeführte Untersuchung der in Pawlowsk befindlichen Multiplicatoren von Meyerstein und Leyser.

Untersuchung des Multiplicators Meyerstein.

§ 32.

Bestimmung der Dämpfungsfunction nach der ersten Methode.

Auf Herrn Director H. Wild's Anordnung wurden die beiden, im Pawlowsk'schen Observatorium befindlichen Multiplicatoren von Meyerstein und Leyser derartig drehbar gemacht, dass jeder einen Spielraum von etwa 8° bekam. Ausserdem wurde an jeden ein Spiegel angebracht, dessen Stellung sich aber veränderte, sobald der Magnet herausgenommen und eingelegt werden musste. Es wurde daher neben jeden der beiden Dämpfer noch eine kleine Scala befestigt, längs welcher ein an den betreffenden Multiplicator befestigter Stift glitt. Das Fernrohr des Declinatoriums wurde so aufgestellt, dass man völlig bequem abwechselnd in die beiden Fernröhre hinein sehen konnte.

Der Bruch p (s. Seite 61) änderte sich bei verschiedenen Stellungen des Dämpfers von 0,49 bis 0,54; in Folge dessen änderte sich α von $21{,}8.10^{-10}$ bis $18{,}4.10^{-10}$ und γ von $28{,}2.10^{-10}$ bis 36.10^{-10}, s. (51, c) und (51, d). — Bei allen Stellungen hatten wir es mit immer fast denselben beiden Bögen S_1 und S_2 zu thun, so dass für die Correctionen αS_1^2 und αS_2^2 fast immer dieselben Werthe 0,0011 und 0,0003 erhalten wurden — sie änderten sich um höchstens eine Einheit in der vierten Decimalstelle. Die Beschreibung des Dämpfers selbst ist bereits pag. 95 gegeben.

Gleich am ersten Tage der Versuche zeigte sich ein wesentlicher Uebelstand: *bei der Drehung des Dämpfers änderte sich die Ruhelage des Magneten* — ein sicherer Beweis von dem Vorhandensein von Eisen in dem Apparat selbst, welcher für eisenfrei galt.

Nach der ersten Methode sind die folgenden Versuche gemacht worden.

Am 10. Juni 1880 wurden die Decremente σ_0 und das Azimuth $\mathfrak{P}$ (s. pag. 73) für drei Stellungen bestimmt. Resultate:

$\mathfrak{P}$	σ_0
— 0,05128	0,69954
0,00309	0,70989
0,03981	0,66362

Setzt man

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2 (\mathfrak{P} - \psi)^2,$$

s. (56, b), so erhält man $\psi = -0{,}018117 = -1^\circ 2'$; $\lambda_0 = 0{,}71704$ und $L_2 = 15{,}937$; daraus erhält man auf Grund der Formel (57)

$$b = 21{,}13 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (79)$$

Als am 16. Juni die Versuche wiederholt wurden, zeigte sich das folgende unerwartete Resultat

$\mathfrak{P}$	σ_0
— 0,05168	0,7159
— 0,01539	0,7119
0,05888	0,6323

d. h. bei der äussersten negativen Lage war die Dämpfung grösser als in den Mittellagen.

Am 17. Juni wurden die Versuche nochmals wiederholt und dasselbe Resultat erhalten. Dies zeigt, dass die Dämpfungsfunction völlig unregelmässig verlief und zwei Maxima besass. Um den Verlauf der Function genauer kennen zu lernen, wurde am 25. Juni das Decrement σ_0 in sieben Azimuthen bestimmt:

$\mathfrak{P}$	σ_0
— 0,05086	0,7193
— 0,04216	0,6924
— 0,02940	0,6995
— 0,01697	0,7039
0,00712	0,6961
0,03023	0,6744
0,05486	0,6334

Diese Zahlen zeigen, dass, angefangen von einer gewissen Hauptebene die Dämpfungsfunction nach der einen Seite regelmässig verläuft, kleiner wird. Nach der andern Seite hin wird sie zuerst kleiner und zwar sehr schnell und dann wächst sie plötzlich ungemein schnell wieder an. Wo sich das zweite Maximum befindet, konnte nicht bestimmt werden,

da sich der Dämpfer nicht weiter drehen liess. Bei so unregelmässigem Verlauf der Dämpfungsfunction kann man garnicht erwarten, dass irgend welche feinere Untersuchungen mit Hülfe dieses Dämpfers gute Resultate ergeben können. Da die aufgefundene Unregelmässigkeit sich nicht in der Mitte sondern am Rande befindet, so ist es doch möglich einige theoretische Resultate zu prüfen.

Betrachtet man die regelmässige Seite für sich, so erhält man für diese

$$L_2 = 14{,}47 \text{ und } b = 19{,}57 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (80)$$

Dem mittleren Theil, angefangen von der Stelle, wo das Anwachsen plötzlich stattfindet, entspricht so ziemlich die Parabel, für welche

$$L_2 = 18{,}55 \text{ und } b = 25{,}09 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (81)$$

Der erste, in (79) gefundene Werth von b ist ein mittlerer zwischen diesen beiden. Von einer wirklich genauen Bestimmung der Grösse b kann natürlich nicht die Rede sein, da ja die Dämpfungsfunction garnicht von der Form $1 - b\varphi^2$ ist. Es ist aber begreiflich, dass *wenn* trotzdem angenommen wird, dass die Dämpfungsfunction doch von jener Form sei und *für b ein Mittelwerth*, z. B. $b = 22$, *angenommen wird, so dürfen die daraufhin gegründeten theoretischen Resultate sich nicht zu sehr von den empirisch gefundenen unterscheiden.*

§ 33.

Anwendung der zweiten Methode.

Der Dämpfer wurde so aufgestellt, dass σ_0 den ersten, durch λ_0 zu bezeichnenden, Maximumwerth hatte. Es wurde nun das Decrement für die Bögen $+\Phi_1$, $-\Phi_1$, $+\Phi_2$ und $-\Phi_2$ bestimmt. Die Resultate der Versuche sind in der folgenden Tabelle enthalten:

Erste Ablenkung positiv.

Grosser Bogen		Kleiner Bogen	
S_1	$\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_2}$	S_2	$\mathrm{Lg}\frac{S_2}{S_3}$
663,4	0,3101	332	0,3112
680,8	0,3101	341	0,3110
686,2	0,3100	338	0,3106
664,9	0,3105	336	0,3104
672,4	0,3102	343	0,3109
673,5	0,3101	341	0,3100
690,0	0,3101		
673	0,31016	336	0,31069

Erste Ablenkung negativ.

Grosser Bogen		Kleiner Bogen	
S_1	$\mathrm{Lg}\frac{S_1}{S_2}$	S_2	$\mathrm{Lg}\frac{S_2}{S_3}$
677	0,3097	325	0,3109
695	0,3095	333	0,3109
690	0,3094	336	0,3108
686	0,3095	325	0,3109
699	0,3097	329	0,3114
696	0,3096	330	0,3112
		328	0,3107
691	0,30953	329	0,31075

Gehen wir von den S_1 und S_2 zu den Φ_1 und Φ_2 über, so erhalten wir die Mittelwerthe

$$\Phi_1 = 0{,}08074 \text{ und } \Phi_2 = 0{,}03952 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (82)$$

Gehen wir ferner von den $\mathrm{Lg}\,\frac{S_1}{S_2}$ und $\mathrm{Lg}\,\frac{S_2}{S_3}$ zu den Decrementen σ_g über, so erhalten wir

$$\sigma_{g,1} = 0{,}3092,\ \sigma_{g,2} = 0{,}3104,\ \sigma_{g,3} = 0{,}3085,\ \sigma_{g,4} = 0{,}3107.$$

Wir nehmen die Mittel aus $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ und aus $\sigma_{g,2}$ und $\sigma_{g,4}$ und erhalten so die zwei, den Bögen Φ_1 und Φ_2, s. (82), entsprechenden Brigg'schen Decremente

$$0{,}3088 \text{ und } 0{,}3106.$$

Gehen wir zu den natürlichen Logarithmen über, so giebt uns die im § 27 dargelegte Methode

$$\lambda_0 = 0{,}7166 \text{ und } b = 19{,}63.$$

Obwohl sich dies b auch bedeutend von dem obigen Mittelwerthe $b = 22$ unterscheidet, so befindet es sich doch innerhalb der obigen Grenzwerthe 19,57 und 25,09. Bedenkt man, wie unregelmässig die Dämpfungsfunction in Wirklichkeit verläuft, wie grundverschieden die beiden Methoden sind und wie relativ unsicher die zweite ist, so kann man nicht umhin in der ungefähren Uebereinstimmung der nach den beiden Methoden gefundenen Werthe von b einen Beweis der Richtigkeit unserer Theorie zu sehen.

§ 34.

Erklärung der von Herrn Wild aufgefundenen Abweichung zwischen dem richtigen Werthe der absoluten Inclination und dem mit Hülfe des Inductions-Inclinatoriums von Meyerstein bestimmten Werthe derselben Grösse.

Nimmt man den oben gefundenen Mittelwerth für b, nämlich 22 als richtig an, so wäre also die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 22\,\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots (83)$$

Die sehr nahe Richtigkeit dieses Resultates wird durch die von Herrn Director Wild im Sommer 1878 erhaltenen Resultate bestätigt. Herr Wild bestimmte mit dem Inductions-Inclinator, dessen Bestandtheil der untersuchte Multiplicator-Dämpfer bildete, die absolute Inclination nach der Multiplications- und nach der Reflexions-Methode und verglich die

Resultate mit den Angaben des Magnetographen, welche auf die wöchentlichen Beobachtungen eines Nadel-Inclinatoriums reducirt waren. Bei letzterem Instrument, von Dover construirt, war der wahrscheinliche relative Fehler einer Beobachtung 0′,45. Es zeigte sich, dass das Inductions-Inclinatorium bei Anwendung der Methode der Multiplication im Mittel eine um 15′,2, der Reflexion im Mittel eine um 2′,9 grössere Inclination ergab, als der Inclinator von Dover. — Dieses unerwartete Resultat gab den ersten Anstoss zu dieser Arbeit.

Wir wollen nun sehen, zu welchen Correctionen die oben entwickelte Theorie führt. Wir hatten die beiden, durch ihre Aehnlichkeit auffallenden Formeln:

$$\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1-(\theta_\infty^{\,2}-\theta'^{\,2}_\infty)\left[q_2+r_2(1+e^{-\lambda_0}+e^{-2\lambda_0})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\}, \quad \ldots . (84)$$

$$\operatorname{tg} i = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}\left\{1-(\varphi_r^{\,2}-\varphi'^{\,2}_r)\left[q_2+r_2(1-e^{-2\lambda_0}+e^{-4\lambda_0})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}}\right]\right\}, \quad \ldots . (85)$$

s. (38, f) und (38, g). In der ersteren sind θ_∞ und θ'_∞ die halben, constant gewordenen Schwingungsbögen; in der zweiten sind φ_r und φ'_r die Hälften derjenigen Bögen, die durch die beiden *entfernteren* Umkehrpuncte markirt sind. θ_∞ und φ_r beziehen sich auf den Fall, dass die Axe des Inductors horizontal, θ'_∞ und φ'_r, dass sie vertical ist. Das Decrement λ_0 war zur Zeit jener Beobachtungen bedeutend grösser, als wir es gefunden haben, weil in der Zwischenzeit ein Draht in den den Multiplicator mit dem Inductor verbindenden Theil der Kette eingeführt worden war. Der Brigg'sche Logarithmus war damals nahe gleich 0,35, folglich $\lambda_0 = 0{,}8059$. Setzt man $b = 22$, so erhalten wir aus (59, b) und (59, c):

$$q_2 = -3{,}8603,\ r_2 = 2{,}8834,$$

$$q_2 + r_2(1+e^{-\lambda_0}+e^{-2\lambda_0})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} = 5{,}4815$$

und

$$q_2 + r_2(1-e^{-2\lambda_0}+e^{-4\lambda_0})e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} = 0{,}9081.$$

Statt (84) und (85) erhalten wir daher:

$$\left.\begin{aligned}\operatorname{tg} i &= \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1-5{,}4815\,(\theta_\infty^{\,2}-\theta'^{\,2}_\infty)\right\}\\ \text{und}\qquad \operatorname{tg} i &= \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}\left\{1-0{,}9081\,(\varphi_r^{\,2}-\varphi'^{\,2}_r)\right\}\end{aligned}\right\}. \quad \ldots . (86)$$

A) Bei Anwendung der Methode der Multiplication erhielt Herr Wild aus vier Beobachtungen die folgenden Differenzen zwischen den Angaben des Inductions- und des Nadel-Inclinatoriums:

22. Juli	25. Juli	5. August	9. August 1878.
16′,62	14′,12	14′,65	15′,59

Mittel: $15',24 \pm 1'$.

(H. Wild: «Ueber d. Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium», Mém. de l'Acad. Imp. de sc. de St. Pétersb. VII. Sér., Tome XXVI, № 8, p. 15). Nehmen wir die Beobachtungen vom 9. August. An diesem Tage war $\theta_\infty = 0{,}05338$ und $\theta'_\infty = 0{,}018454$, welche Werthe nach den Formeln $\theta_\infty = \frac{\Phi}{2\varepsilon}$ und $\theta'_\infty = \frac{\Phi'}{2\varepsilon}$ gefunden werden, wo Φ und Φ' (auf Bögen reducirte Scalenwerthe) l. c. pag. 14 gegeben sind, während $\varepsilon = 4215{,}8$ war. Setzen wir diese Werthe in die erste Formel (86), so erhalten wir

$$\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty} \cdot 0{,}986246 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (87)$$

Herr Wild führte in die Formel $\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}$ eine auf den Formeln der bisherigen Theorie gestützte Correction ein und erhielt $i = 70^\circ\,56',30$ — währen dder Inclinator Dover $i = 70^\circ\,40',71$, d. h. weniger um $15',59$ ergab. Wird die erwähnte Correction nicht eingeführt, so ergiebt die einfache Formel $\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}$ für die absolute Inclination den Werth $i = 70^\circ\,55',83$. Die Formel (87) dagegen giebt $i = 70^\circ\,41',03$; dieser Werth unterscheidet sich von den Angaben des Nadel-Inclinatoriums nur noch um $0',32$. Die, von der Theorie geforderte Correction ist gleich $14',80$.

B) Bei Anwendung der Reflexionsmethode erhielt Herr Wild aus sieben Beobachtungen die folgenden Differenzen zwischen den Angaben des Inductions- und des Nadel-Inclinatoriums:

15. August			2. September		3. September 1878.	
3′,62	3′,22	3′,07	2′,13	2′,60	3′,53	1′,97

Mittel $2',88 \pm 0',66$,

l. c. p. 42. — Bei den zweiten Beobachtungen vom 2. September war $\varphi_r = 0{,}048386$ und $\varphi'_r = 0{,}016924$. Werden diese Werthe in die zweite Formel (86) eingesetzt, so erhält man

$$\operatorname{tg} i = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r} \cdot 0{,}998152 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (88)$$

Herr Wild führt in die einfache Formel $\operatorname{tg} i = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r}$ eine auf den Formeln der bisherigen Theorie gestützte Correction ein und erhält $i = 70^\circ\,42',75$; der Inclinator Dover und der

Magnetograph ergaben $70^\circ\,40',15$; die Differenz ist gleich $2',60$. Die Formel (88) giebt $70^\circ\,40',83$; es bleibt eine Differenz von $0',68$.

Die Uebereinstimmung zwischen den theoretischen und den empirisch gefundenen Differenzen darf wohl als vorzüglich angesehen werden.

§ 35.

Untersuchung der Schwingungszeit als Function der Amplitude.

Wir sahen pag. 51, dass wenn die Differentialgleichung der Bewegung des Magneten von der Form (45, a) ist und die Bedingungen $b > \frac{1}{6}$ und $\lambda_0 > \frac{\pi}{\sqrt{6b-1}}$ erfüllt ist, so wird die Schwingungszeit des Magneten mit wachsendem Bogen *kleiner*. Bei dem Multiplicator Meyerstein war $b = 22$; beide Bedingungen sind erfüllt, wenn $\lambda_0 > \frac{\pi}{\sqrt{131}}$, d. h. $\lambda_0 > 0{,}2745$. Nun ist aber sogar bei eingeschaltenem Inductor $\lambda_0 = 0{,}717$; ist er ausgeschlossen, so wird $\lambda_0 = 1{,}3398$, es müsste sich also unzweifelhaft die Schwingungszeit mit wachsendem Bogen verringern. Um die Abhängigkeit der Schwingungszeit von der Amplitude und das zugehörige Decrement λ_0 zu bestimmen, ist am 27. August 1880 eine Reihe von Versuchen gemacht worden. Die, von der Theorie geforderte, Vergrösserung der Schwingungszeit war zur Zeit der Versuche nicht bekannt, da λ_0 bei ausgeschlossenem Inductor nicht bestimmt worden war.

Es wurden zwei, den Amplituden ϑ_1 und ϑ_2 entsprechende Schwingungszeiten T_1 und T_2 gemessen. Es wurde zu dem Zwecke der Magnet zuerst nach derjenigen Seite abgelenkt, wo die Dämpfungsfunction unregelmässig verlief und dann zwei aufeinanderfolgende Durchgangszeiten beobachtet, woraus durch Subtraction die Zeit einer Schwingung (nach der regelmässigen Seite) berechnet wurde. Um jedesmal möglichst dieselbe *grössere* Amplitude zu erhalten, wurde der Strom bei *geöffneter* Kette, d. h. bei Abwesenheit der Dämpfung, geschlossen. Am Anfang der 20^{ten} Secunde wurde der Strom geöffnet — die Scala war längst aus dem Gesichtsfelde verschwunden. Am Anfang der 29^{ten} Secunde wurde der Multiplicatordraht geschlossen; während der 32^{ten} Secunde passirte der Magnet das erste Mal und während der 55^{ten} Secunde das zweite Mal die Ruhelage. Um die *kleinere* Amplitude zu erhalten wurde der Multiplicatordraht garnicht geöffnet. Nach Schluss des Stromes wurde er am Anfang der 8^{ten} Secunde wieder geöffnet; während der 28^{ten} Secunde passirte der Magnet das erste Mal, während der 52^{ten} Secunde das zweite Mal die Ruhelage. Die Veränderungen dieser Letzteren wurden auf das sorgfältigste verfolgt und bei jeder, durch das Declinatorium angezeigten, Veränderung derselben der, die Ruhelage angebende, Faden entsprechend verschoben. Uebrigens war während der Versuche ($1^{\text{h}}\,15^{\text{m}}$ bis $3^{\text{h}}\,15^{\text{m}}$ Nach-

mittags) das Declinatorium sehr ruhig. Grosse und kleine Ablenkungen wurden je 24 ausgeführt. Jedesmal wurde auch die Lage des Umkehrpunctes angeschrieben. Folgendes sind die Resultate:

S_1	T_1	S_1	T_1	S_1	T_1	S_1	T_1
439	23,3″	360	23,3″	380	23,4″	355	23,5″
409	23,4	360	23,3	363	23,7	366	23,4
389	23,4	361	23,3	355	23,6	353	23,4
374	23,5	364	23,3	—	23,4	359	23,3
373	23,4	366	23,3	361	23,5	342	23,4
351	23,3	366	23,3	359	23,4	349	23,3

S_2	T_2	S_2	T_2	S_2	T_2	S_2	T_2
82	23,5″	80	23,7″	79	23,7″	76	23,6″
78	23,5	78	23,6	82	23,6	76	23,6
72	23,6	78	23,6	77	23,6	78	23,6
80	23,7	81	23,5	80	23,7	77	23,7
82	23,6	80	23,6	77	23,5	77	23,7
82	23,6	80	23,6	75	23,6	73	23,7

Im Mittel war $S_1 = 350$, $S_2 = 78{,}2$; dies giebt für die entsprechenden Amplituden $\theta_1 = 0{,}04145$ und $\theta_2 = 0{,}00928$.

Die mittleren Schwingungszeiten sind $T_1 = 23{,}392$ und $T_2 = 23{,}613$; *der grösseren Amplitude entspricht eine kleinere Schwingungszeit.* Die Differenz ist gleich

$$T_2 - T_1 = 0{,}22'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (89)$$

Die Theorie führt freilich zu einer bedeutend anderen Differenz. Es wurde an demselben Tage das Decrement σ bestimmt und gleich 1,3398 gefunden. Setzen wir $\lambda_0 = 1{,}3398$, so giebt (59, a)

$$p_2 = -1{,}1937$$

und

$$p_2 (1 - e^{-2\lambda_0}) e^{2\frac{\lambda_0}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\pi}{\lambda_0}} = -3{,}0102.$$

Die Schwingungszeit, s. (38, h), drückt sich also durch die Formel

$$T = T^{(0)} \{1 - 3{,}0102\, \theta^2\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (89, a)$$

aus. *Statt des bekannten Coefficienten* $+\frac{1}{16}$ *in der Formel für die Schwingungszeit haben wir also hier* — 3,01! Die Formel (89, a) giebt

$$T_2 - T_1 = 3{,}0102\, (\theta_1^2 - \theta_2^2).$$

Setzt man hier die oben erhaltenen Werthe

$$\vartheta_1 = 0{,}04145,\ \vartheta_2 = 0{,}00928$$

und $T^{(0)} = 23{,}7$, so erhält man

$$T_2 - T_1 = 0{,}12''. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (89, b)$$

Die grosse Differenz zwischen diesem theoretischen Werth und dem in (89) empirisch gefundenen erklärt sich durch die Schwierigkeit der *Beobachtungen, welche, zum Mindesten, unzweifelhaft bestätigten, dass die Schwingungszeit bei wachsender Amplitude kleiner wird.*

Untersuchung des Multiplicators Leyser.

§ 36.

Bestimmung der Dämpfungsfunction.

Der Multiplicator befindet sich in demselben Pavillon, wie der Multiplicator Meyerstein und ist so aufgestellt, dass es leicht ist abwechselnd den Magneten im Multiplicator und den im Declinatorium zu beobachten. Seine Einrichtung ist folgende: zwischen zwei, die Seiten bildende, verticale Bretter, welche auf ein horizontales aufgeschraubt sind, ist ein kupferner horizontaler Cylinder eingefügt, dessen Grundlinie eine Ellipse ist; die grosse horizontale Axe dieser Ellipse ist 330^{mm}, die kleine, verticale 40^{mm} lang. — Dem Cylinder entsprechen in den beiden Seitenbrettern Ausschnitte, die von Aussen durch Glasscheiben verdeckt sind. An zwei der Mitte des Magneten vertical gegenüberliegenden Stellen ist der Cylinder parallel seiner Axe durchgeschnitten. Auf den Cylinder ist nun der Draht in etwa 16 Schichten aufgewickelt, deren jede aus 28 Windungen besteht. Die Breite der Schichten ist 82^{mm}; die Dicke des unbesponnenen Drahtes $2{,}2^{mm}$. Der Magnet ist cylindrisch; seine Länge ist 300^{mm}, sein Gewicht 490 gr.; bei geöffnetem Draht ist seine Schwingungszeit etwa 18 Secunden. Am Coconfaden hängt ein Kupferbügel von der Form $\sqcap$; die verticalen Stäbe gehen durch zwei, in den Seitenbrettern gebohrte Canäle, denen zwei Ausschnitte in dem Kupfercylinder entsprechen; an den unteren Enden, welche in den innern Raum des Cylinders hineinragen befinden sich Haken, in welche ein horizontaler, an die Mitte des Magneten befestigter, Stab eingelegt werden kann. Auf Herrn Director Wild's Anordnung ist auch dieser Dämpfer drehbar gemacht worden, worauf die obenerwähnten Kanäle bedeutend erweitert werden mussten. Ein Spiegel, dessen Lage sich jedoch beim Herausnehmen und Wiederhineinlegen des Magneten änderte, eine unbewegliche horizontale Scala und ein Zeiger bestimmten die Lage des Dämpfers.

Aus der Beschreibung ersieht man, *dass der Dämpfer von Leyser ein gemischter ist*, da die Dämpfung von der Masse des Cylinders und von dem Drahte herrührt. Es war unmöglich den Cylinder zu entfernen, in Folge dessen leider das Decrement ν unbekannt blieb. Wir haben also den Fall III, 2, s. pag 84.

Bei der Drehung des Dämpfers änderte sich sehr bedeutend die Ruhelage des Magneten. Als der ganze Dämpfer auseinandergenommen und seine einzelnen Theile dem im unterirdischen Pavillon befindlichen Bifilar genähert wurden, konnte man deutlich und zwar besonders im Draht Spuren von Eisen bemerken. Welchen Einfluss dies Eisen auf die Resultate der Versuche hatte, entzieht sich der Beurtheilung.

Die Versuche wurden ausgeführt in der Zeit vom 19. Juli bis zum 3. August 1880. Wir führen die Bezeichnungen ein, welche wir pag. 83 benutzt hatten, nämlich: bei geschlossener Kette sei das Decrement λ_0, die Dämpfungsfunction $1-b\varphi^2$; bei geöffneter Kette, d. h. wenn nur die Luft und die Masse des Cylinders eine Dämpfung verursachten, das Decrement $\lambda_{0,3}$ und die Function $1-b_3\varphi^2$; das Decrement, wenn der Luftwiderstand allein bliebe ν; der Cylinder für sich allein genommen $\lambda_{0,1}$ und $1-b_1\varphi^2$ und endlich der Draht für sich genommen $\lambda_{0,2}$ und $1-b_2\varphi^2$. Diese Grössen sind durch die Formeln (66, a) bis (66, d) mit einander verbunden. Unter ihnen können λ_0, b, $\lambda_{0,3}$ und b_3 leicht empirisch bestimmt werden. Die Formel (66, a) giebt uns $\lambda_{0,2}$ und dann (66, b) den constanten Coefficienten b_2, welcher übrigens auch direct nach der, aus (66, a) und (66, b) folgenden, Formel (67, b) bestimmt werden kann. Die Grösse b_1 konnte aus (67, a) nicht bestimmt werden, da ν unbekannt blieb. Die Grössen b_1 und b_2 sind absolut constant, während b_3 nicht ganz constant ist, da $\lambda_{0,1}$ an der Aenderung von $\lambda_{0,3}$ ganz anders theilnimmt, als ν. Nehmen wir aber trotzdem an, b_3 sei constant, so begehen wir einen nur sehr geringen Fehler, da die Dämpfung hauptsächlich von dem Drahte herrührt.

Nach der ersten Methode wurden zuerst die Grössen $\lambda_{0,3}$ und b_3 bestimmt, d. h. das Decrement und die Dämpfungsfunction bei geöffnetem Draht, wenn die Dämpfung von der Luft (ν) und dem Cylinder ($\lambda_{0,1}$ und b_1) herrührte.

Bei *geöffneter* Kette konnte bei allen Stellungen des Dämpfers der Bruch $p = 0{,}745$ angenommen werden, s. S 61. Daraus erhalten wir $\mathrm{Lg}\,\alpha = 0{,}17544-9$ und $\mathrm{Lg}\,(1-p^2) = = 0{,}64834-1$, welche Grössen zur Ausrechnung der verschiedenen σ_0, d. h. der Decremente für unendlich kleine Schwingungen für verschiedene Stellungen des drehbaren Dämpfers, nöthig sind, s. pag. 61 und 62. Das Decrement σ_0 und das Azimuth $\mathfrak{P}$ wurden für drei Stellungen des Dämpfers bestimmt und zwar nach den im § 20 und § 23 angegebenen Methoden. Resultate:

$\mathfrak{P} =$	$-0{,}05427$	$0{,}00356$	$0{,}06060$
$\sigma_0 =$	$0{,}29255$	$0{,}29430$	$0{,}29310.$

Setzt man diese Grössen in die Formel

$$\sigma_0 = \lambda_{0,3} - L_2(\mathfrak{P}-\psi)^2,$$

s. (56, b), so erhält man $L_2 = 0{,}4473$, $\lambda_{0,3} = 0{,}2943$ und endlich aus (57)

$$b_3 = 1{,}50 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (90)$$

Bei geöffnetem Multiplicatordraht ist also die Bewegungsgleichung von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 1{,}5\,\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0.$$

Es wurde ferner der Dämpfer bei *geschlossener* Kette, in welche der Inductor eingeführt war, untersucht. Um zu untersuchen, ob die Dämpfungsfunction nicht etwa ebensolche Unregelmässigkeiten zeigt, wie die des Multiplicator Meyerstein, wurde zuerst jede Seite des Dämpfers sorgfältig, im Ganzen in 14 Azimuthen, untersucht. Die positive Seite wurde am 20. Juli, die negative am 22. untersucht. Folgendes sind die Resultate:

20. Juli, $10^h\ 10^m$ Vorm.		22. Juli, $11^h\ 15^m$ Vorm.	
$\mathfrak{P}$	σ_0	$\mathfrak{P}$	σ_0
0,00036	0,9164	— 0,00047	0,9203
0,01353	0,9144	— 0,01206	0,9213
0,02692	0,9100	— 0,02538	0,9183
0,04015	0,9054	— 0,03814	0,9139
0,05121	0,8989	— 0,04992	0,9084
0,06105	0,8902	— 0,06022	0,9006
0,08400	0,8653	— 0,09090	0,8725

$\mathfrak{P}$ bedeutet, wie früher das Azimuth des Dämpfers. In jeder der beiden mit σ_0 überschriebenen Colonnen ändern sich die Grössen völlig regelmässig; da aber die Versuche an zwei verschiedenen Tagen gemacht wurden, so ist es nicht möglich die Zahlen beider Colonnen zu verbinden und aus ihnen die Dämpfungsfunction zu bestimmen. Nur soviel ersieht man aus ihnen, dass das Maximum λ_0 aller σ_0 einem negativen Werth von $\mathfrak{P}$ (den wir früher stets durch ψ bezeichneten) entspricht.

Die Hauptuntersuchung des Dämpfers nach der ersten und nach der zweiten *Methode* geschah *an einem Tage* und zwar am 3. August 1880: die Untersuchung nach der zweiten Methode dauerte von $1^h\ 40^m$ bis $2^h\ 55^m$ und wurden in dieser Zeit 34 Beobachtungen gemacht; bei jeder von ihnen wurden 4 Umkehrpuncte des Magneten angemerkt. Nach der ersten Methode wurde hierauf das Decrement σ_0 für fünf Azimuthe bestimmt und zwar dauerte dies von $3^h\ 0^m$ bis $4^h\ 30^m$. Ausserdem wurde nochmals das Decrement $\lambda_{0,3}$ bei ge-. öffnetem Galvanometerdraht bestimmt und zwar in der kurzen Zeit von $4^h\ 32^m$ bis $4^h\ 40^m$e Im Ganzen wurden in genau 3 Stunden 92 Beobachtungen zu je 4 Umkehrpuncten bei völliger Ruhe des Declinatoriums ausgeführt.

Wir wollen vorerst die Resultate der Bestimmung von σ_0 in fünf Azimuthen anführen; benutzt wurde dabei die Methode A, p. 74. Der Bruch p, s. pag. 61, blieb bei verschiedenen Stellungen des Dämpfers zwischen 0,40 und 0,42. Daher wurden ein für allemal die Werthe von Lg α und Lg $(1-p^2)$ für $p = 0{,}40$, 0,41 und 0,42, s. (52, b) bestimmt. Die eine dieser fünf Bestimmungen ist vollständig angegeben auf Seite 68 in der Anmerkung, wo $\sigma_0 = 0{,}87060$ erhalten wurde, s. pag. 70. Dieser Werth entspricht dem grössten negativen Azimuthe, dessen Werth $-0{,}05533$ auf Seite 74 in der Anmerkung gefunden war. Die übrigen vier Bestimmungen fanden auf vollkommen dieselbe Weise statt.

Folgendes sind die erhaltenen Werthe:

	$\mathfrak{P}$	$\sigma_{g,1}$	$\sigma_{g,2}$	$\sigma_{g,3}$	$\sigma_{g,4}$	σ_0
I	0,06060	0,38120	0,38077	0,37692	0,37940	0,87571
II	0,03153	0,38643	0,38668	0,38459	0,38597	0,88994
III	0,01540	0,38702	0,38775	0,38741	0,38827	0,89380
IV	$-0{,}02775$	0,38524	0,38542	0,38309	0,38513	0,88763
V	$-0{,}05533$	0,37502	0,37705	0,37917	0,37879	0,87060

Die Zahlen der letzten Reihe finden sich auf Seite 70. Eine eingehende Betrachtung zeigt, dass die Versuche II, III und V die Besten sind, da die Bedingung (53) durch dieselben erfüllt wird. Weniger gut sind die Beobachtungen I und noch weniger IV. Die Zahlen für $\mathfrak{P}$ und σ_0, den Reihen II, III und V entnommen, ergeben, in die Gleichung (56, b) gesetzt

$$\lambda_0 = 0{,}89393 \text{ und } L_2 = 6{,}18 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{91})$$

Die Zahlen der Reihe I genügen denselben Werthen, während die der Reihe IV abweichen. Nach der Formel (57) erhalten wir

$$b = 6{,}40 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{91, a})$$

An demselben Tage wurde $\lambda_{0,3}$, das Decrement bei geöffnetem Galvanometerdraht bestimmt; dabei wurde, statt des oben gefundenen Werthes 0,2943 gefunden:

$$\lambda_{0,3} = 0{,}2931;\ \frac{\lambda_{0\cdot 3}}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0\cdot 3}}} = 0{,}09289;\ \frac{\lambda_{0\cdot 3} b_3}{\sqrt{\pi^2 + \lambda^2_{0\cdot 3}}} = 0{,}13933. \ldots\ldots (\mathbf{91, b})$$

Für b_3 wurde der frühere Werth (90) 1,50 eingesetzt. Nach den Formeln (66, a) und (67, b) erhalten wir nun:

$$\lambda_{0,2} = 0{,}5774 \text{ und } b_2 = 8{,}92 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{92})$$

Die Grösse b_2, welche die Dämpfungsfunction des Drahtes allein bestimmt, ist eine absolut constante Grösse. Für den Cylinder fanden wir $b_3 = 1{,}50$ und für beide zusammen $b = 6{,}40$, s. (90) und (91, a).

Die *nach der zweiten*, wenig genauen, *Methode* ausgeführten Versuche ergaben zwei Werthe von b, von denen der eine sich bedeutend von dem in (91, a) gefundenen unterscheidet. Erstens wurde an jenem Tage bei richtiger Aufstellung des Dämpfers gefunden:

$$\sigma_{g,1} = 0{,}38744;\ \sigma_{g,2} = 0{,}38810;\ \sigma_{g,3} = 0{,}38760 \text{ und } \sigma_{g,4} = 0{,}38824.$$

Nimmt man $\frac{1}{2}(\sigma_{g,1} + \sigma_{g,3})$ und $\frac{1}{2}(\sigma_{g,2} + \sigma_{g,4})$ und geht zu den natürlichen Logarithmen über, so erhält man für σ die beiden Werthe 0,89230 und 0,89380, welche zweien Schwingungsbögen Φ_1 und Φ_2 entsprachen, für welche $\mathrm{Lg}(\Phi_1^2 - \Phi_2^2) = 0{,}69334 - 3$ ist. Setzt man

$$\sigma = \lambda_0 + K_2\Phi^2,$$

s. (70, a) § 27, so erhält man $K_2 = -0{,}30391$ und $\lambda_0 = 0{,}89413$. Berechnet man ferner q_2 aus (70, b) und b aus (70, c), so erhält man

$$b = 5{,}32, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (93)$$

welcher Werth sich bedeutend von (91, a) unterscheidet. Einen zweiten Werth für b kann man aus den Zahlen der Reihe III der letzten Tabelle berechnen, welche gefunden wurden, als der Dämpfer fast richtig aufgestellt war. Verfährt man genau wie oben, so erhält man, da $\mathrm{Lg}(\Phi_1^2 - \Phi_2^2) = 0{,}72236 - 3$ war, $K_2 = -0{,}3419$ und $\lambda_0 = 0{,}89380$; der letztere Werth ist auch in jener Tabelle als σ_0 angegeben. (70, b) und (70, c) ergeben

$$b = 5{,}94 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (94)$$

§ 37.

Anwendung der dritten Methode.

Die beste Bestätigung der Richtigkeit unserer theoretischen Formeln boten die nach der dritten Methode (§ 28) ausgeführten Versuche. Als der Inductor eingeführt war, fand sich für das Decrement λ_0, wie wir sahen, ungefähr der Werth 0,894 und dabei wurde erhalten $b_2 = 8{,}92$, s. (92). Dieselbe Grösse wurde nochmals bestimmt erstens als der Inductor ausgeschlossen, die Dämpfung äusserst stark und das Decrement $\lambda_0 = 1{,}6315$ war und zweitens als ausser dem Inductor noch 10 Siem. Einh. in die Kette eingeführt waren, in Folge dessen die Dämpfung äusserst geschwächt und $\lambda_0 = 0{,}512$ war.

I. *Der Inductor ist ausgeschlossen*, die Dämpfung ausserordentlich gross. Es wurde das Decrement in drei Azimuthen bestimmt und dann der Coefficient nach der Methode B, pag. 76, bestimmt. Der Bruch p war gleich 0,2, also $\mathrm{Lg}\,\alpha = 0{,}70473 - 9$, s. (51, c). In jedem Azimuth wurden nur je zwei Decremente $\sigma_{g,1}$ und $\sigma_{g,3}$ und ihre halbe Summe σ'_g be-

stimmt; von diesem wurde zu dem natürlichen Logarithmus σ' übergegangen, s. (58, b). Resultate:

25. Juli 1880, 3^h Nachm.

ψ	$\sigma_{g,1}$	$\sigma_{g,3}$	σ'_g	σ'	Φ_1
0,0617	0,6955	0,6769	0,6812	1,5685	0,07401.
— 0,0006	0,7051	0,7052	0,7051	1,6236	
— 0,0587	0,6707	0,6888	0,6797	1,5651	

Die Formel (58, b) giebt $L_2 = 15{,}708$ und $\sigma = 1{,}6237$. Ferner giebt (58, c) $b' = 7{,}635$. Ein genauer Werth wird erhalten, wenn die in (58, d) enthaltene Correction ausgerechnet wird. Es zeigt sich, dass $\lambda_0 = \sigma + 0{,}0078 = 1{,}6315$ ist. Dieser Werth statt σ in (58, c) eingesetzt, giebt bei ausgeschlossenem Inductor

$$b = 7{,}583 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (95)$$

Setzt man für $\lambda_{0,3}$ und b_3 die in (90) und (91, b) gefundenen Werthe, so erhält man auf Grund der Formel (67, b)

$$b_2 = 9{,}18. \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (96)$$

ein Werth, der dem in (92) gefundenen sehr nahe kommt.

II. *Der Inductor und 10 Siem. Einh. sind eingeführt.* Die Dämpfung ist gering; der grössere Theil derselben rührt von der Masse des Cylinders her. Da die Dämpfung sich verhältnissmässig langsam nach beiden Seiten hin ändert, so ist es begreiflich, dass b_2 nicht ebenso genau gefunden werden kann, wie in dem vorigen Falle.

Es war $p = 0{,}6$ und $\mathrm{Lg}\,\alpha = 0{,}23531 - 9$, s. (51, c). Resultate:

26. Juli 1880, $11^h\ 5^m$ Vorm.

ψ	$\sigma_{g,1}$	$\sigma_{g,3}$	σ'_g	σ'	Φ_1
0,06386	0,2191	0,2184	0,2187	0,5036	0,09009.
0,00017	0,2223	0,2222	0,2222	0,5116	
— 0,05709	0,2184	0,2186	0,2185	0.5031	

Die Formel (58, b) giebt $L_3 = 2{,}267$. Rechnet man weiter genau so, wie im vorigen Beispiele, so erhält man bei eingeführtem Inductor und 10 Siem. Einh.:

$$b = 4{,}31 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (96, a)$$

Zuletzt erhalten wir aus (67, b):

$$b_2 = 8{,}12 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (97)$$

§ 38.

Erklärung der von Herrn Wild aufgefundenen Abweichung zwischen dem richtigen Werthe der absoluten Inclination und dem, mit Hülfe des Inductions-Inclinatoriums von Leyser bestimmten Werthe derselben Grösse.

Herr Director Wild hatte im Sommer 1878 auch mit dem Inductor Leyser die absolute Inclination gemessen. Das Decrement λ_0 war damals gleich 0,9883, l. c. p. 16 (später ist ein weiterer Draht in die Kette eingeführt worden, so dass das Decrement kleiner wurde).

Setzt man $b = 6{,}14$, so erhält man aus (59, b) und (59, c) $q_2 = -1{,}2453$ und $r_2 = 0{,}8412$. Dies giebt

$$q_2 + r_2(1 + e^{-\lambda_0} + e^{-2\lambda_0})\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} = 1{,}5761,$$

$$q_2 + r_2(1 - e^{-2\lambda_0} + e^{-4\lambda_0})\, e^{2\frac{\lambda_0}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\pi}{\lambda_0}} = 0{,}3968.$$

Statt (84) und (85) erhalten wir somit:

$$\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty}\left\{1 - 1{,}5761\,(\theta^2_\infty - \theta'^2_\infty)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (98,\ \mathbf{a})$$

$$\operatorname{tg} i = \frac{q_r}{q'_r}\left\{1 - 0{,}3968(\varphi^2_r - \varphi'^2_r)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (98,\ \mathbf{b})$$

A) Nach der Methode der Multiplication fand Herr Wild bei drei Beobachtungen am 31. Juli, 1. und 4. August die folgenden Unterschiede zwischen den Angaben des Inductions- und des Nadel-Inclinatoriums: 4′,75, 6′,30 und 3′,91 — im Mittel 4′99. Nehmen wir die Beobachtungen vom 31. Juli. An diesem Tage war $\theta_\infty = 0{,}05344$ und $\theta'_\infty = 0{,}01867$. Die Formel (98, a) giebt

$$\operatorname{tg} i = \frac{\Theta_\infty}{\Theta'_\infty} \cdot 0{,}996048 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (99)$$

Indem Herr Wild eine S. 105 erwähnte Correction einführt, findet er $i = 70°44'{,}35$ (l. c. pag. 17), während das Nadel-Inclinatorium und der Magnetograph $i = 70°39'{,}60$ ergaben — die Differenz ist 4′,75. Führt man gar keine Correction ein, so erhält man $i = 70°44'95$. Die Formel (99) dagegen giebt $i = 70°40'{,}72$, was sich von den Angaben des Magnetographen um 1′,12 unterscheidet. Die von der Theorie geforderte Correction beträgt 4′,23.

B) Nach der Methode der Reflexion wurden von Herrn Wild 7 Beobachtungen gemacht: eine am 2., zwei am 3. und vier am 12. September. — Dabei zeigten sich, wie oben, Differenzen von 2′79 2′,10 3′,05 1′,92 1′,35 1′89 1′,90, im Mittel 2′,14 ± 0′,58, l. c. pag. 41. Bei der ersten Beobachtung vom 12. Semptember war $\varphi_r = 0{,}05976$ und $\varphi'_r = 0{,}01866$. Die Formel (98, b) giebt

$$\operatorname{tg} i = \frac{\varphi_r}{\varphi'_r} . 0{,}998721 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(100)}$$

Indem Herr Wild die erwähnte Correction einführt, findet er $i = 70^\circ\ 43'35$, während der Magnetograph $70^\circ\ 41'{,}43$ ergab — die Differenz ist 1′,92. Wird gar keine Correction eingeführt, so findet man $i = 70^\circ\ 43'{,}29$; die Formel (100) giebt dagegen $i = 70^\circ\ 41'{,}92$ — es bleibt eine Differenz von nur noch 0′,45. Die von der Theorie geforderte Correction beträgt 1′,37.

Uebersicht der hauptsächlichsten in dieser Schrift befindlichen Formeln und Resultate.

1.

Ist die Bewegungsgleichung des Magneten gegeben und enthält sie additive Glieder von der Ordnung m, so lassen sich, mit Hülfe einer, in (12) und (13) gegebenen, Hülfsgrösse ψ, die Correctionsglieder zu allen practisch wichtigen Formeln auffinden. Man hat dabei auszugehen von den Formeln I bis V des § 2, in welchen die mit $^{(0)}$ bezeichneten Grössen, die nicht corrigirten Werthe bezeichnen.

2.

Ist die Bewegungsgleichung des Magneten von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt} + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0,$$

so sind die Correctionsglieder so klein, dass die Werthe derselben fast ausnahmslos innerhalb der Beobachtungsfehler liegen. Würde z. B. in St. Petersburg mittelst eines Multiplicators von obiger Bewegungsgleichung des Magneten die Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium nach der Multiplicationsmethode bestimmt, so betrüge die Correction nur 3″,4, wenn sogar die grössere der constant gewordenen Amplituden gleich 4°,5 wäre (p. 19).

3.

Ist die Bewegungsgleichung des Magneten von der Form

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1-\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0,$$

so sind die Correctionsglieder so klein, dass die Werthe derselben wohl in den meisten Fällen innerhalb der Beobachtungsfehler liegen dürften. Unter obigen Umständen wäre bei einem solchen Multiplicator die Correction der Inclination $1',5$ (p. 25).

4.

Es ist die Möglichkeit vorhanden, allgemeine Ausdrücke der Correctionsglieder aufzustellen, welche einer Differentialgleichung der Bewegung des Magneten entsprechen, die, der Form und Anzahl nach beliebige, additive Glieder m^{ter} Ordnung enhält. Diese Ausdrücke enthalten 3 Constante p_{m-1}, q_{m-1} und r_{m-1}. Die Constanten p_{m-1} gehen nur in diejenigen Formeln ein, durch welche Schwingungszeiten bestimmt werden; die practisch wichtigen Formeln enthalten also nur 2 unbestimmte Constante. Besitzt der Dämpfer eine verticale Symmetrieebene und ist er so aufgestellt, dass diese Ebene mit der des magnetischen Meridianes zusammenfällt, so verschwinden in der Bewegungsgleichung die Glieder von gerader Ordnung und es verbleiben also in den Endformeln, wenn die Glieder fünfter Ordnung vernachlässigt werden, nur die zwei Constanten q_2 und r_2 (p. 55 und 56).

5.

Bei Anwendung der Reflexionsmethode hat man nicht die von Weber benutzte Combination der grösseren Amplitude φ_r mit der kleineren ψ_r, sondern direct die grössere φ_r als Mass des momentanen Stromes anzunehmen. Das Verhältniss zweier Intensitäten wird durch die allgemeine Formel (35, e) gegeben.

6.

Additive Glieder von ungerader Ordnung in der Bewegungsgleichung haben keinen Einfluss auf die Endformeln, welche den Weber'schen Methoden der Multiplication und Reflexion entsprechen, s. (34, b) und (35, h).

7.

Liegt der Bewegung des Magneten die Gleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1-b\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

zu Grunde und ist $b <$ oder $= \frac{1}{6}$, so wächst die Schwingungszeit T bei kleinen Bögen Φ zugleich mit diesen. Ist aber $b > \frac{1}{6}$ und die Dämpfung so stark, dass die Bedingung $\lambda_0 > \frac{\pi}{\sqrt{6b-1}}$ erfüllt ist, so ist bei kleinen Bögen die Zeit T kleiner, als bei unendlich kleinen.

8.

Ist $b > \frac{11}{24}$, so sinkt das logarithmische Decrement mit wachsendem Bogen.

9.

Man hat zwei logarithmische Decremente zu unterscheiden: den Logarithmus σ des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden Bögen Φ und den Logarithmus λ des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgenden Amplituden θ. — Man hat in alle Formeln durchaus σ und Φ einzuführen, da diese Grössen unvergleichlich genauer bestimmt werden können, als λ und θ (pag. 58 und 59).

10.

Zur schnellen Berechnung des Brigg'schen Decrementes σ_g und des Bogens Φ dienen die beiden Formeln (51, c) und (51, b), in welchen S_1 und S_2 die, den Beobachtungen direct entnommenen Bögen in Scalentheilen, α und γ zwei bei gegebener Aufstellung des Dämpfers ein für allemal berechnete constante Grössen sind.

11.

Fällt die verticale Symmetrieebene mit der des magnetischen Meridianes nicht zusammen, so hängen die Werthe von σ und λ nicht nur von der Grösse, sondern auch von der Richtung des ersten Ausschlages ab und zwar wird der grössere Werth erhalten, wenn der erste Ausschlag diejenige Richtung hat, nach welcher die dämpfende Kraft wächst (p. 78).

12.

Während der Bestimmung eines Decrementes muss gleichzeitig ein anderer, als Declinatorium dienender Magnet fortlaufend beobachtet werden und nur diejenigen Beobachtungen sind nicht zu verwerfen, während welcher der Hülfsmagnet in vollständiger Ruhe verblieb, d. h. keine Declinationsänderung erfolgte. Zur genauen Bestimmung des Decrementes genügen 4—6 Beobachtungen, ausgeführt bei vollständiger Constanz der Declination.

13.

Um das logarithmische Decrement für unendlich kleine Bögen, σ_0, zu finden, hat man nach der im § 20 enthaltenen Vorschrift zu handeln.

14.

Besteht die dämpfende Kraft aus mehreren Theilen, so gelten die Grundformeln (55, a) und (55, b).

15.

Das beste Criterium dafür, dass der Dämpfer eisenfrei ist, scheint darin zu bestehen, dass während der Drehung des Dämpfers sich die Ruhelage des Magneten nicht ändert.

16.

Um den Coefficienten b in der Dämpfungsfunction $1 - b\,\varphi^2$ zu finden, bestimme man für eine Reihe von Stellungen des drehbaren Dämpfers das Decrement σ_0 für unendlich

kleine Bögen (nach der Vorschrift des § 20) und das Azimuth $\mathfrak{P}$ (der Winkel zwischen dem beweglichen Spiegel am Magnet und dem fixen am Dämpfer, oder auch einfach irgend ein die Stellung des Dämpfers definirender Winkel) und berechne aus der Gleichung

$$\sigma_0 = \lambda_0 - L_2(\mathfrak{P} - \psi)^2$$

empirisch λ_0, L_2 und ψ. Dann ist

$$b = \frac{\pi^2 L_2}{\lambda_0(\pi^2 + \lambda_0^2)},$$

s. (57). — Die Constante b kann auch gefunden werden durch Beobachtung von $\mathfrak{P}$ und der zugehörigen Decremente σ_0' welche endlichen Bögen entsprechen, s. Methode B, p. 76. — Hat man b gefunden, so berechnen sich die in den Endformeln auftretenden Constanten p_2, q_2 und r_2 aus den Formeln (59, a), (59, b) und (59, c). Um die corrigirten Endformeln zu finden, hat man die so erhaltenen Werthe dieser drei Grössen in die Formeln (38, a) bis (38, k) einzusetzen.

17.

Hat man die Constante b einmal bestimmt, so kann der, an einem anderen Beobachtungstage veränderte, Werth derselben leicht berechnet werden, wenn nur das Decrement an diesem Tage bestimmt wird. Letztere Bestimmung kann nach der p. 80 gegebenen Vorschrift in wenig Minuten geschehen. Zur Berechnung des neuen Werthes von b dienen die im § 26 entwickelten Formeln, besonders (64, a).

18.

Bestimmt man das Decrement σ für mehrere Werthe des ersten Bogens Φ, setzt

$$\sigma = \lambda_0 + K_2\Phi^2$$

und bestimmt empirisch λ_0 und K_2, so findet sich q_2 aus (70, b) und der Coefficient b aus (70, c).

19.

Für einen elliptischen Massendämpfer, welcher sehr ähnlich ist demjenigen, welchen Weber in den Electrod. Massbest. II, p. 338 beschreibt, wurde die Bewegungsgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 1{,}8\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

gefunden.

20.

Es kann vorkommen, dass die Dämpfungsfunction bei einem Multiplicator-Dämpfer völlig unregelmässig verläuft, dass sie z. B. nach der einen Seite hin zuerst schneller, als nach der anderen, kleiner wird und dann wieder äusserst schnell anwächst (p. 101).

21.

Für einen, von Meyerstein construirten, Multiplicatordämpfer wurde die Bewegungsgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 22\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

gefunden.

22.

Der bekannte, dem Falle abwesender Dämpfung entsprechende Coefficient $\frac{1}{16}$ in dem Ausdruck für die Schwingungszeit erwies sich bei diesem Dämpfer als ersetzt durch $-3{,}01$. Die in 7 erwähnte Verringerung der Schwingungszeit mit wachsendem Bogen liess sich durch Versuche nachweisen (p. 106).

23.

Die von Herrn Director Wild im Sommer 1878 gefundene Differenz von resp. 15′,2 und 2′,9 zwischen der nach der Multiplications- und Reflexions-Methode an dem Meyerstein'schen Inductions-Inclinatorium mit dem erwähnten Multiplicator bestimmten Inclination einerseits und den Angaben eines Nadel-Inclinatoriums von Dover andererseits, reducirt sich bei Zugrundelegung der obigen Bewegungsgleichung auf 0′,32 und 0′,68 (p. 105).

24.

Für einen, von Leyser construirten gemischten Dämpfer (beschrieben p. 108), wurde die Bewegungsgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - 6{,}4\,\varphi^2) + \beta^2\varphi - \tfrac{1}{6}\beta^2\varphi^3 = 0$$

gefunden.

25.

Die von Herrn Director Wild im Sommer 1878 gefundene Differenz von resp. 3′,99 und 2′,14 zwischen der nach der Multiplications- und Reflexionsmethode an dem Leyser'schen Inductions-Inclinatorium mit dem erwähnten Multiplicator bestimmten Inclination einerseits und den Angaben eines Nadel-Inclinatoriums von Dover andererseits, reducirt sich bei Zugrundelegung der obigen Bewegungsgleichung auf 1′,12 und 0′,45 (p. 114).

Bemerkung, die Arbeit von Herrn K. Schering betreffend.

Vollkommen gleichzeitig mit mir hat Herr K. Schering die allgemeine Theorie der Dämpfung bearbeitet; die Resultate seiner Untersuchungen erschienen zwischen meiner ersten und der vorliegenden Arbeit, als letztere, mit Ausnahme des Anhanges, bereits der Akademie eingereicht war und zwar in den Annalen der Physik, neue Folge IX, pag. 287 und 452.

Herr Schering behandelt speciell den Fall der Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \beta^2\varphi(1 - n_1\varphi^2) = 0.$$

Ich war bestrebt den theoretischen Formeln einen hohen Grad von Allgemeinheit zu geben und bin von diesen zuerst zu dem speciellen Fall übergegangen, dass die

additiven Glieder in der Bewegungsgleichung zwar ganz beliebig, aber von der dritten Ordnung seien. Zuletzt betrachtete ich den noch specielleren Fall einer Bewegungsgleichung, welche sich von der obigen dadurch unterscheidet, dass ich statt n_1 eingesetzt habe $\frac{1}{6}$, während bei Herrn Schering stets $n_1 < \frac{1}{6}$ ist. Das im § 5 ausgerechnete Zahlenbeispiel zeigt aber, dass sogar für $n_1 = \frac{1}{6}$ der Einfluss jenes letzten additiven Gliedes auf die Endformeln unbedingt zu vernachlässigen ist. Es ist selbstverständlich, dass man auf Grund der von mir entwickelten allgemeinen Formeln (36, a) bis (36, d) und (38, a) bis (38, k) die einem beliebigen n_1 entsprechenden Endformeln ebenso ohne Weiteres niederschreiben kann, wie auch diejenigen, die jeder anderen gegebenen Bewegungsgleichung mit additiven Gliedern m^{ter} Ordnung entsprechen. Einfacher erhält man die in den Endformeln (38, a) bis (38, k) eingehenden Constanten p_2, q_2 und r_2 für den Fall der von Herrn Schering adoptirten Bewegungsgleichung, wenn man die Grössen (45) und die mit $6\,n_1$ multiplicirten Grössen (37, a) addirt. Wie erwähnt ist es aber genügend die Gleichung (44) zu Grunde zu legen, für jene Constanten also die Werthe (45) anzunehmen.

Was die, bei der experimentellen Prüfung anzuwendenden Methoden betrifft, so bestimmt Herr Schering die Dämpfungsfunction, indem er den Magneten in abgelenkten Lagen schwingen lässt, während ich den Dämpfer selbst drehte (§ 23). Ich war zugleich bemüht die Methoden der Beobachtung und Berechnung thunlichst zu vereinfachen und habe ich diejenigen Methoden, bei welchen ich nach vielen Versuchen und Abänderungen zuletzt stehen geblieben war, in den Cap. III und IV auf das Detaillirteste beschrieben.

Berichtigungen.

Pag.	*Zeile.*		
19	3 von oben.	Die Worte «kann geschrieben werden» sind zu streichen.	
		Gedruckt:	*Lies:*
44	3 » »	q^2	q_2
45	von unten	$e-(n-1)\lambda_0$	$e-(n-1)\lambda_0$

Im § 9 sind die allgemeinen Formen der Correctionsglieder für den Fall einer Bewegungsgleichung des Magneten mit beliebigen additiven Gliedern m^{ter} Ordnung entwickelt. Weiter lässt sich die Verallgemeinerung nicht treiben. Die an einigen Stellen angedeutete Möglichkeit einer weiteren Verallgemeinerung auf den Fall einer Bewegungsgleichung mit additiven Gliedern verschiedener Ordnung ist nicht durchführbar. Der Leser wird daher gebeten an den folgenden Stellen einige Zeilen wegzulassen: Seite 32, Zeile 10, von «In letzterer» bis «zu gehen»; Seite 33 die letzten sechs und Seite 34 die ersten fünf Zeilen; Seite 41, Zeile 1 und 2 von „in diesen“ bis zu dem Puncte und endlich S. 54 die ersten neun Zeilen des § 16, doch ist Formel (48) als einfache, stets mögliche Reihenzerlegung mit unbestimmten Coefficienten beizubehalten; die weiteren auf derselben gestützten Folgerungen sind richtig. Der in den Capiteln I, III und IV und im Anhang enthaltene Kern der Arbeit wird durch diese Berichtigung nicht tangirt; ebenso ist auch die in der obigen «Uebersicht» enthaltene Zusammenstellung der Resultate in allen Theilen richtig.

Ouvrages physiques et chimiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences.

T. VI, № 1. **Lenz, E.** Betrachtungen über Ventilation in unseren Klimaten. 1863. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XV, № 7. **Boutlerow, M.** Sur la structure chimique de quelques hydrocarbures non-saturés. 1870. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVII, № 5. **Jacobi, M.** Untersuchungen über die Construction identischer Aräometer und insbesondere metallischer Scalen und Gewichts-Alcoholometer, nebst Anhang über den Einfluss der Capillaritäts-Erscheinungen auf die Angaben der Alcoholometer. 1871. (Mit 2 Kupfertafeln.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Boutlerow, M.** Sur l'oxydation du triméthylcarbinol et des alcools tertiaires en général. 1871. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVIII, № 8. **Wild, H.** Études métrologiques. 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXI, № 7. **Boutlerow, M** Sur les propriétés de l'acide triméthylacétique et sur ses dérivés. 1874. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXII, № 6. **Setschenow, J.** Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Salzlösungen. 1875. Pr. 50 K. = 1 Mk 70 Pf.

T. XXIII, № 4. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 2. Sur l'isodibutylène, l'une des variétés isomériques de l'octylène. 1876. Pr 30 K.= 1 Mk.

№ 8. **Wild, H.** Metrologische Studien. 1877. (Avec 4 pl.) Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXIV, № 6. **Wischnegradsky, A.** Ueber verschiedene Amylene und Amylalkohole. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXV, № 5. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. (Avec 2 pl.) 1877. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXVI, № 3. **Lenz, R.** Ueber den galvanischen Widerstand verdünnter Lösungen von Verbindungen des Kalium, Natrium, Ammonium und des Wasserstoffs. 1878. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 4. **Hasselberg, B.** Studien auf dem Gebiete der Absorptionsspectralanalyse. 1878. (Avec 4 pl.) Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

№ 8. **Wild, H.** Ueber die Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium. 1878. (Avec 3 pl.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. Deuxième mémoire. 1879. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 14. **Chwolson, O.** Ueber die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden. 1879. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXVII, № 1. **Hasselberg, B.** Ueber das durch electrische Erregung erzeugte Leuchten der Gase bei niedriger Temperatur. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 3. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 3. Sur l'isotributylène. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 4.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

PFLANZENATHMUNG.

VON

J. Borodin.

ERSTE ABHANDLUNG.

Mit 2 Tafeln.

(*Lu le 11 novembre 1880.*)

112926

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof; **à Riga:** M. N. Kymmel; **à Leipzig:** Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 55 Kop. = 1 Mk. 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 4.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

PFLANZENATHMUNG.

VON

J. Borodin.

ERSTE ABHANDLUNG.

Mit 2 Tafeln.

(*Lu le 11 novembre 1880.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:
MM. Eggers et C^ie^
et J. Glasounof;

à Riga:
M. N. Kymmel;

à Leipzig:
Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 55 Kop. = 1 Mk. 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mars 1881. C. Vesséłofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Im Jahre 1876 habe ich in den Schriften der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft eine in russischer Sprache abgefasste Abhandlung unter dem Titel «Physiologische Untersuchungen über die Athmung belaubter Sprosse» publicirt.[1]) Ich suchte darin zu zeigen, dass die Energie der Pflanzenathmung unter gleichen äusseren Bedingungen eine Function des in der Pflanze vorhandenen Kohlehydratvorraths sei. Wird ein belaubter Spross von seiner Mutterpflanze abgetrennt im Dunkeln bei constanter Temperatur kultivirt, so sieht man seine Athmungsenergie, d. h. die von ihm in einer Stunde entwickelte Kohlensäuremenge mehr oder minder rasch fallen. Meiner Ansicht nach wird dieses Sinken durch den Verbrauch des Athmungsmaterials, nämlich der Kohlehydrate, im verdunkelten Zweige verursacht. Denn bringt man einen solchen Spross unter der Assimilation günstige Bedingungen, indem man ihn in einer kohlensäurereichen Atmosphäre während einiger Stunden dem direkten Sonnenlichte aussetzt und dann wiederum im Dunkeln bei derselben Temperatur athmen lässt, so findet man jetzt seine Athmungsintensität bedeutend erhöht, im Dunkeln sinkt sie aber wieder.

Unerwarteter Weise wurden diese meine Schlüsse (nicht die Thatsachen selbst) von Herrn Rischawi in seiner interessanten Arbeit über die Athmung[2]) stark angefochten. Obgleich ich an der Richtigkeit meiner Ansicht durchaus nicht zweifelte, scheute ich weder Zeit noch Mühe um die Frage endgiltig zu entscheiden und für Jedermann klar zu machen. Die Pflanzenphysiologie wimmelt zur Zeit von solchen Thatsachen und Schlüssen, die nicht sicher genug festgestellt sind und einerseits behauptet, andrerseits angezweifelt oder geleugnet werden, und nur zu oft sieht man sich bei Vorlesungen über Pflanzenphysiologie auf einfache Wiedergabe direkt einander widersprechender Angaben angewiesen. Nirgends

1) И. Бородинъ. Физіологическія изслѣдованія надъ дыханіемъ листоносныхъ побѣговъ. Труды СПб. Общ. Ест., T. VII, 1876. Vergl. Batalin's Referat in Just's Jahresbericht, 1876, p. 919.

2) Л. Ришави. Къ вопросу о дыханіи растеній, Записки Новоросс. Общ. Ест., T. V, 1877. S. das Referat in Just's Jahresbericht, 1877, p. 721.

tritt vielleicht dieser bedauerungswürdige Zustand schärfer hervor als in der mehr als hundert Jahre alten Lehre von der Pflanzenathmung. Die Litteratur dieses Abschnitts der Physiologie hat besonders in den letzten Jahren einen nicht unbedeutenden Zuwachs erhalten, da sich aber die meisten Arbeiten mit vielen Fragen auf einmal beschäftigen, ohne eine einzige durchaus und für alle Zeiten sicher festzustellen, so giebt es hier kaum einen Punkt der nicht als Gegenstand einer Controverse theils schon dient, theils noch dienen könnte. Nun scheint mir aber die Thatsache des raschen Sinkens der Athmungsintensität in einem abgetrennten Zweige bei constanten äusseren Bedingungen eine fundamentale Wichtigkeit nicht nur in theoretischer Hinsicht, da sie, weiter verfolgt, Licht auf das Wesen der Athmung zu werfen verspricht, sondern auch in methodologischer Beziehung zu besitzen. Es werden nicht selten an abgetrennten Zweigen Untersuchungen angestellt die auf der durchaus falschen stillschweigend angenommenen Prämisse basirt sind, es sei die Athmungsenergie solcher Zweige eine unter constanten äusseren Bedingungen constante Grösse. Ich verweise z. B. auf die Arbeit von Schützenberger und Quinquaud[1]), besonders aber auf diejenige von Déhérain und Moissan[2]), die die Frage von der Beziehung zwischen Athmung und Temperatur durch Experimente an abgetrennten Sprossen zu lösen sucht. Hat man aber die Athmungsenergie eines solchen Sprosses bei einer gegebenen Temperatur in einem ersten Zeitabschnitte festgestellt und wird in einem zweiten die Temperatur erhöht und die nun entwickelte Kohlensäure abermals bestimmt, so erhält man zwei Zahlenwerthe, die eigentlich ganz unvergleichbar sind, da auch ohne Temperaturänderung die Athmungsgrösse im zweiten Zeitabschnitte nicht auf der früheren Höhe verblieben wäre. Denselben Fehler begeht auch Moissan[3]) in seiner neuen Arbeit, was um so auffallender ist, als in den Annales agronomiques von Déhérain, T. IV, p. 607, ein ausführliches Referat meiner russischen Arbeit sich findet.

Um jedem Missverständnisse vorzubeugen, bemerke ich ausdrücklich, dass die Thatsache des raschen Sinkens der Athmungsintensität in abgetrennten Pflanzentheilen schon früher von Wolkoff und Mayer in ihrer bekannten Arbeit[4]) beobachtet und richtig gedeutet wurde. So sehen wir z. B. in einem ihrer Versuche[5]) die Athmungsintensität abgeschnittener Keimwurzeln von *Vicia Faba* in 12 Stunden von 0,79 auf 0,51 sinken, obgleich die Temperatur nahezu constant blieb. In einem anderen mit Keimpflanzen von *Tropaeolum majus*, die der Wurzeln und Cotyledonen beraubt waren, angestellten Versuche[6]) sank die Intensität der Athmung in 7 Stunden von 0,93 auf 0,45. Bemerkenswerth sind die von

1) Schuetzenberger et Quinquaud. Sur la respiration des végétaux aquatiques. C. rendus, T. 77, 1873, p. 372.

2) P. Déhérain et H. Moissan. Recherches sur l'absorption de l'oxygène etc. Ann. des sc. nat. 5e Série, T. XIX, 1874, p. 321.

3) H. Moissan. Sur les volumes d'oxygène absorbé etc. Ann. agronomiques, T. V, 1879, p. 56.

4) A. Wolkoff und A. Mayer. Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen. Landw. Jahrb. von Nathusius. Bd. III, 1874.

5) l. c., p. 501 und 507, Experiment 4.

6) l. c., p. 512, Experiment 2.

den Verfassern anhangsweise mitgetheilten Experimente[1]), aus denen man deutlich ersieht, «dass es nicht die Schnittwunde an sich ist, welche die Pflanze in ihrer Athmung schädigt, sondern das Auseinanderreissen zusammengehöriger Theile, von welchen die einen die andern mit den organischen Stoffen versorgen, die der Athmung unterliegen». Während die Abtrennung der Cotyledonen die Athmung stark beeinträchtigt bleibt das Abschneiden der Blätter fast ohne jeden Einfluss. Merkwürdiger Weise stimmen aber einige von Wolkoff und Mayer zu anderen Zwecken angestellte Versuche mit den eben angeführten von ihnen übrigens nur nebenbei gezogenen Schlüssen keineswegs überein. So sieht man z. B. in Experiment 7 (p. 521) die Athmung von ihrer Cotyledonen, Wurzeln und Blättchen beraubten Tropaeolum-Keimpflanzen während vier Stunden, und in Experiment 5 (p. 520) sogar volle zwölf Stunden lang nahezu constant bleiben.

Ehe ich nun zu den Einwendungen des Herrn Rischawi und zu meinen neuen zu deren Prüfung angestellten Versuchen übergehe, halte ich es für zweckmässig zuerst die wichtigsten jener früheren Versuche, auf denen meine, von meinem geehrten Gegner angefochtenen Schlüsse basirt waren, hier zu reproduciren, umsomehr als sie bis jetzt nur in russischer Sprache publicirt waren. Was die Methode der Versuchsanstellung betrifft, so will ich mich ganz kurz darüber fassen, da der Leser das Nähere dem eben citirten Referate meiner russischen Schrift entnehmen kann. Einige Abänderungen die ich im Laufe meiner Untersuchung an meinen Apparaten angebracht habe sollen weiter unten behandelt werden. Hier bemerke ich nur, dass in allen nun folgenden im Jahre 1875 angestellten Versuchen frisch unter Wasser abgeschnittene Sprosse mit ihrer Basis in eine kleine Wassermenge gesteckt in einer breiten mit durchbohrten Gummipfropfen verschlossenen Glasröhre im Dunkeln bei constanter Temperatur athmeten und die Röhre ein langsamer Strom von kohlensäurefreier Luft mit constanter Geschwindigkeit durchstrich. Es wurden meistens zwei parallele Versuche gleichzeitig angestellt.

Versuch 1.

Am 21. Juni wurden um $10^1/_2$ a. m. zwei heurige unbegrenzte (an ihrem Ende weiter wachsende) Sprosse einer *Crataegus*[2])-Hecke entnommen und einzeln auf ihre Athmung untersucht. Temperatur anfangs 30°, später 29° C. Die Kohlensäurebestimmung beginnt nachdem der Luftstrom schon während drei Stunden im Gange ist.

---

1) l. c., p. 523.

2) In meiner russischen Schrift steht fälschlich *Crataegus monogyna* statt *C. Oxyacantha*. Uebrigens ist dieser kleine Fehler ohne jede Bedeutung, da, wie ich schon damals zeigte, systematisch weit von einander stehende Pflanzen sich in dieser Hinsicht ganz gleich verhalten und bei graphischer Darstellung der Versuchsresultate identische Curven liefern. Nur sehr selten scheint die Natur der Pflanze als wichtiges Moment beizutreten und einen abweichenden Gang des Phänomens zu verursachen. Eine solche merkwürdige Ausnahm werden wir in einer späteren Abhandlung, wo die Form der Athmungscurve näher discutirt werden soll, an *Larix* kennen lrnen.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II	I	II
Von $1^1/_2$ p. m. bis 7 p. m. 21. Juni	0,0196	0,0229	0,0035	0,0041
» 7 » » $11^1/_2$ » »	0,0113	0,0112	0,0025	0,0025
» $11^1/_2$ » » 10 a. m. 22. Juni	0,0187	0,0189	0,0018	0,0018

Nun wird die den Spross I enthaltende Glasröhre in einem grossen Glasgefässe mit Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzt (Himmel klar), wo sie bis 6 p. m. verbleibt; im Laufe dieser Stunden werden in die Röhre viermal etwa je 30 C. c. Kohlensäure eingeführt. Die Temperatur des äusseren Wassers überstieg nicht 28° C. Um 6 p. m. wird die Röhre I wieder ins Dunkel versetzt, die kohlensäurereiche Luft durch einen anfangs raschen, dann langsamen Strom reiner Luft verdrängt und von 8 Uhr an die vom isolirt gewesenen Sprosse bei der ursprünglichen Temperatur entwickelte Kohlensäure gesammelt.

Von 8 p. m. bis 12 N. 22. Juni	0,0122	0,0030
» 12 N. » 9 a. m. 23. Juni	0,0189	0,0021
» 9 a. m. » 12 N. 23. Juni	0,0175	0,0012
» 12 N. » 8 a. m. 24. Juni	0,0074	0,0009

Wir sehen somit die auf 0,0018 gr. im Dunkeln gesunkene Athmungsenergie durch Insolation bis auf 0,0030 gr. steigen um im Dunkeln abermals rasch zu sinken. Am Ende des Versuchs hatte der Spross ein vollkommen gesundes Aussehen und war bedeutend gewachsen.

Wenden wir uns zu Spross II, der unterdessen immer im Dunkeln verblieb, so sehen wir seine Athmungsenergie immer weiter sinken.

Von 10 a. m. bis 3 p. m. 22. Juni	0,0070	0,0014
» 3 p. m. » 11 » »	0,0097	0,0012
» 11 » » 9 a. m. 23. Juni	0,0096	0,0010

Jetzt wurde dieser Spross, der im Ganzen gesund aussah (nur einige Nebenblätter waren an ihren Rändern etwas schwarz), acht Stunden lang dem Sonnenlichte ausgesetzt und dabei dreimal zu etwa 25 C. c. Kohlensäure in die Röhre eingeführt. Um 5 p. m. wurde letztere wieder verdunkelt und der Luftstrom wie früher eingestellt.

Von 7 p. m. bis 12 N. 23. Juni	0,0114	0,0023
Von 12 N. bis 8 a. m. 24. Juni	0,0134	0,0017

Versuch 2.

Am 19. September wird um $9^1/_2$ a. m. ein frisch abgeschnittener, mit 12 Blättern versehener Spross von *Spiraea opulifolia* in die Röhre eingeführt. Temperatur 24° C. (nur um 0,4° schwankend).

	Kohlensäure in Grammen. Absolut.	In 1 Stunde.
Von 12 M. bis 3 p. m. 19. September	0,0202	0,0067
» 3 p. m. bis 6 p. m. 19. September	0,0199	0,0066
» 6 p. m. bis 9 p. m. 19. September	0,0202	0,0067
» 9 p. m. bis 12 N. 19. September	0,0186	0,0062
» 12 N. bis 9 a. m. 20. September	0,0480	0,0053
» 9 a. m. bis 11 a. m. 20. September	0,0090	0,0045

Nun wird der Spross aus der Röhre entfernt und unter einer geräumigen Glasglocke am Fenster dem Lichte ausgesetzt (Himmel bedeckt). Als die wohlfeilste und einfachste Kohlensäurequelle benutzte ich bei diesem, sowie bei den weiter folgenden Versuchen meinen eigenen Organismus, indem ich unter die Glocke durch einen Kautschukschlauch die von mir bei tiefen Athemzügen gelieferte Expirationsluft einblies und diese Operation während der Beleuchtungsdauer von Zeit zu Zeit wiederholte. Die Kohlensäuremenge in der ausgeathmeten Luft beträgt bei ruhigem Athmen, nach Vierordt, im Mittel über 4 %, bei tiefer Expiration ist sie aber bedeutender; ich habe sie in mehreren zu diesem Zwecke angestellten Versuchen zu 5 % bis 7 % bestimmt. Nach Godlewski's bekannten Untersuchungen[1]) ist das gerade der für die Assimilation günstigste Gehalt der Luft an Kohlensäure.

Um 5 p. m. wird die Beleuchtung unterbrochen und die frühere Versuchsanordnung hergestellt.

Von 7 p. m. bis 11 p. m. 20. September	0,0228	0,0057
» 11 p. m. bis 8 a. m. 21. September	0,0460	0,0051
» 8 a. m. bis 10 a. m. 21. September	0,0090	0,0045

Jetzt wird der Spross abermals dem Lichte, wie früher, ausgesetzt, erhält aber direktes Sonnenlicht, da der Himmel wolkenfrei ist. Die Beleuchtung dauert bis $4^1/_2$ p. m., also nur um eine halbe Stunde länger als das erste Mal. Im Dunkeln lieferte der Spross

Von 6 p. m. bis 9 p. m. 21. September	0,0228	0,0076
» 9 p. m. bis 12 N. 21. September	0,0226	0,0075

1) Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, 1873, p. 343.

Wir sehen somit in diesem Falle die Athmungsenergie des abgetrennten Sprosses nach zweimaliger Beleuchtung ihre ursprüngliche Grösse sogar übersteigen. Ausserdem tritt hier sehr deutlich der Einfluss der Lichtintensität auf: am zweiten, heiteren Tage tritt die Erhöhung der Athmungsenergie nach der Beleuchtungsperiode viel schärfer als am ersten, trüben auf.

Versuch 3.

Gleichzeitig mit dem Sprosse des vorigen Versuchs wurden zwei Sprossenenden von *Spiraea opulifolia*, zusammen 16 Blätter tragend, in ein und dieselbe Röhre eingeführt. Temperatur (sehr constant) — 38°.

	Kohlensäure in Grammen. Absolut.	In 1 Stunde.
Von 12 M. bis 3 p. m. 19. September	0,0530	0,0177
» 3 p. m. bis 6 p. m. 19. September	0,0524	0,0175
» 6 p. m. bis 9 p. m. 19. September	0,0465	0,0155
» 9 p. m. bis 12 N. 19. September	0,0456	0,0152
» 12 N. bis 9 a. m. 20. September	0,1160	0,0129
» 9 a. m. bis 11 a. m. 20. September	?	?
» 11 a. m. bis 5 p. m. 20. September	0,0630	0,0105
» 5 p. m. bis 11 p. m. 20. September	0,0546	0,0091
» 11 p. m. bis 8 a. m. 21. September	0,0694	0,0077
» 8 a. m. bis 10 a. m. 21. September.....	0,0134	0,0067

Als nun die Zweige der Röhre entzogen wurden, erwiesen sich die vier unteren Blätter als im Anfange der Verwesung begriffen, die übrigen hatten dagegen ein durchaus frisches Aussehen. Es wurden daher die unteren Sprosstheile sammt den absterbenden Blättern unter Wasser abgeschnitten, das Uebrige aber unter Glasglocke in kohlensäurereicher Luft dem direkten Sonnenlichte bis 5 p. m. ausgesetzt. Im Dunkeln lieferten die Sprosse bei 38°.

Von 7 p. m. bis 10 p. m. 21. September	0,0268	0,0089

Ungeachtet der bedeutenden Verringerung der Blätterzahl, finden wir auch hier also nach der Beleuchtung die Athmungsenergie bedeutend gestiegen. Bemerkenswerth ist die hohe Temperatur dieses Versuchs.

Versuch 4

wurde parallel mit zwei Zweigen von *Larix europaea* angestellt. № I, aus einem heurigen Langsprosse und einem 9 Kurzzweige tragenden vorjährigen Basalstücke bestehend, blieb

constant im Dunkeln, während № II (Langspross grösser, 6 Kurzzweige) zeitweise beleuchtet wurde. Beide Zweige sind im Freien am 12. Juli um 6 p. m. abgeschnitten. Temperatur — 30°, sie zeigt aber bedeutende Schwankungen (29,5° bis 31,2°).

Wir wollen zunächst die Athmung des Zweiges I verfolgen.

	Kohlensäure in Grammen. Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 1 a. m. 13. Juli	0,0096	0,0016
» 1 a. m. bis 10 a. m. 13. Juli	0,0108	0,0012
» 10 a. m. bis 4 p. m. 13. Juli	0,0074	0,0012
» 4 p. m. bis 2 a. m. 14. Juli	0,0136	0,0013
» 2 a. m. bis 9 a. m. 14. Juli	0,0078	0,0011

Um 9 a. m. wurde das durch Harz ganz gelb gefärbte Wasser, in welchem die Zweigbasis ruhte, mit frischem ersetzt und nun der Luftstrom wieder eingestellt.

Von $10^1/_2$ a. m. bis $12^1/_2$ N. 15. Juli	0,0159	0,0011
» $12^1/_2$ N. bis $11^1/_2$ a. m. 15. Juli	0,0116	0,0011
» $11^1/_2$ a. m. bis $5^1/_2$ p. m. 15. Juli	0,0068	0,0011
» $5^1/_2$ p. m. bis $11^1/_2$ p. m. 15. Juli	0,0072	0,0012
» $11^1/_2$ p. m. bis 12 N. 16. Juli	0,0249	0,0010
» 12 N. bis $11^1/_2$ p. m. 17. Juli	0,0210	0,0009
» $11^1/_2$ p. m. bis $9^1/_2$ a. m. 18. Juli	0,0080	0,0008

Der Versuch wird abgebrochen, obgleich der Zweig noch ganz frisch ist. Wir sehen somit die Athmungsenergie von *Larix* im Dunkeln fast constant bleiben, da, die kleine im Anfang des Versuchs auftretende Erniedrigung ausgenommen, alle Schwankungen durch entsprechende Schwankungen der Temperatur hervorgebracht zu werden scheinen. Diese abweichende Form der Athmungskurve soll später ausführlicher discutirt werden.

Wenden wir uns zu Zweig II, der anfangs gleichzeitig mit I und bei derselben Temperatur im Dunkeln athmete.

	Kohlensäure in Grammen. Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 1 a. m. 13. Juli	0,0140	0,0023
» 1 a. m. bis 10 a. m. 13. Juli	0,0170	0,0019
» 10 a. m. bis 4 p. m. 13. Juli	0,0100	0,0017
» 4 p. m. bis 9 a. m. 14. Juli	0,0289	0,0017

Um 9 a. m. kommt der Zweig, in der Röhre eingeschlossen, an das Licht (Sonnenschein), wo er bis 5 p. m. verbleibt und zeitweise mit Kohlensäure versorgt wird.

Von 6 p. m. bis 12 N. 14. Juli	0,0248	0,0041
» 12 N. bis 10 a. m. 15. Juli	0,0303	0,0030

Um $10^1/_2$ a. m. wird der Zweig abermals bis $6^1/_2$ p. m. belichtet (Himmel bedeckt).

Von $7^1/_2$ p. m. bis $11^1/_2$ p. m. 15. Juli.....	0,0140	0,0035

Die mehrstündige Beleuchtung in kohlensäurereicher Atmosphäre verursachte also eine auffallende Erhöhung der Athmungsintensität: letztere wurde fast verdoppelt.

Die nun folgenden Experimente suchen die Bedingungen dieser merkwürdigen Erhöhung der Athmungsenergie nach einer Beleuchtungsperiode näher festzustellen.

Versuch 5.

Ein am 18. Juni um 9 a. m. frisch abgetrennter *Crataegus*-Spross lieferte im Dunkeln bei 28,8° an Kohlensäure

	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 11 a. m. bis 2 p. m.	0,0124	0,0041

am folgenden Tage aber (unterdessen wurde die Temperatur während einiger Stunden bis auf 37° erhöht) bei 28,5°

Von 9 a. m. bis 12 M.	0,0030	0,0010.

Nun wird die Röhre in einem grossen Wasserreservoir dem Lichte ausgesetzt (Sonnenschein) und mittelst des Aspirators ein ziemlich rascher Strom gewöhnlicher, aus dem Freien stammender, also kohlensäurearmer Luft bis $5^1/_2$ p. m. durchgeleitet. Es lieferte dann der Zweig im Dunkeln bei 28,4°

Von 7 p. m. bis 12 N.	0,0060	0,0012
» 12 N. bis 8 a. m. 20. Juni	0,0070	0,0009

Jetzt wird die Röhre abermals auf dieselbe Weise bis 5 p. m. belichtet (bis 12 U. Himmel bedeckt, dann Sonnenschein). Bei 29° erhielt man im Dunkeln

von 7 p. m. bis 12 N.....	0,0075	0,0015.

Damit wird der Versuch abgebrochen. Vergleicht man die nur angedeutete Erhöhung der Athmungsenergie unter den eigenthümlichen Beleuchtungsbedingungen des vorliegenden Versuches mit der riesigen Steigerung derselben in den vorigen Versuchen, so springt die Bedeutung des Kohlensäurereichthums der umgebenden Luft während der Insolation sogleich in die Augen. Noch schärfer aber ersieht man dieselbe aus den folgenden Experimenten.

Versuch 6.

Am 1. Juli werden um 7 p. m. zwei gleiche unbegrenzte *Crataegus*-Sprossen im Freien geschnitten und einzeln in Röhren eingeschlossen im Dunkeln bei der sehr constanten Temperatur von 30° auf ihre Athmung geprüft.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I.	II.	I.	II.
Von 12 N. bis 8 a. m. 2. Juli. . .	0,0341 gr.	0,0319 gr.	0,0043 gr.	0,0040 gr.
» 8 a. m. bis 11 a. m.	0,0094	0,0088	0,0031	0,0029

Um 11 a. m. werden beide Röhren in demselben Wasserreservoir dem Lichte ausgesetzt. Röhre I durchstreicht ein Strom kohlensäurefreier Luft, während in II (nur einmal) etwa 30 C. c. Kohlensäure eingeführt werden. Temperatur des Wassers 30°. Himmel bis 4 p. m. bedeckt. Um 7 p. m. werden die Röhren verdunkelt.

	I.	II.	I.	II.
Von 8 p. m. bis 11 p. m. 2. Juli	0,0060 gr.	0,0091 gr.	0,0020 gr.	0,0030 gr.
» 11 » » 10 a. m. 3. »	0,0194	0,0267	0,0018	0,0024
» 10 a. m. » 5 p. m. 3. »	0,0116	0,0143	0,0017	0,0020
» 5 p. m. » 11 » 3. »	0,0093	0,0095	0,0015	0,0015
» 11 » » 9 a. m. 4. »	0,0122	0,0128	0,0012	0,0013
» 9 a. m. » 12 M. 4. »	0,0031	0,0030	0,0010	0,0010

Wir sehen somit dass in dem Zweige, der während der Belichtung keine Kohlensäure erhielt, die Athmungsenergie abgeschwächt war, als ob er diese Zeit im Dunkeln verbracht hätte. Im Sprosse II dagegen ist die Athmungsintensität wenn auch nicht erhöht, doch auf der früheren Stufe geblieben; die dem belichteten Zweige zur Disposition gelieferte begrenzte Kohlensäuremenge genügte nur dazu die Athmung auf ihrer früheren Intensität zu erhalten.

Mittag 4. Juli erwiesen sich beide Zweige als vollkommen gesund, das Experimentiren mit № II musste aber wegen zufälliger Beschädigung des Sprosses abgebrochen werden. Dagegen wurde № 1 abermals dem Lichte ausgesetzt, nun aber in kohlensäurereicher Luft. Himmel meistens klar. Die Temperatur des äusseren Wassers schwankte zwischen 25° und 33°. Dauer der Beleuchtung 6 Stunden. Im Dunkeln wurden folgende Kohlensäuremengen erhalten:

	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 10 p. m. 4. Juli	0,0090 gr.	0,0030 gr.
» 10 » » 9 a. m. 5. »	0,0233	0,0021

Um 9 a. m. wird der immer normal aussehende Zweig, nach Erfrischung seines Quer-

schnittes, wieder dem direktem Sonnenlichte bis 6 p. m. ausgesetzt und mit Kohlensäure durch Einathmen reichlich versorgt. Temperatur des Wassers 30°. Bei nachheriger Verdunkelung lieferte er:

Von 7 p. m. bis	$10^1/_2$ p. m.	5. Juli	0,0159 gr.	0,0045 gr.
» $10^1/_2$ »	» $9^1/_2$ a. m.	6. »	0,4000	0,0036

Wir sehen somit nach vollen 4 Tagen, Dank der zweimaligen Beleuchtung in kohlensäurereicher Luft, die Athmungsintensität die am Anfang des Versuchs beobachtete sogar übersteigen.

Versuch 7.

Am 25. Juni werden um $10^1/_2$ a. m. zwei unbegrenzte *Crataegus*-Sprossen im Freien geschnitten und einzeln in Glasröhren eingeschlossen. Temperatur 30° (sehr constant).

			Kohlensäure in Grammen.			
			Absolut.		In 1 Stunde.	
			I.	II.	I.	II.
Von $12^1/_2$ M. bis	$3^1/_2$ p. m.	25. Juni	0,0173 gr.	0,0136 gr.	0,0058 gr.	0,0045 gr.
» $3^1/_2$ p. m. »	$8^1/_2$ »	25. »	0,0200	0,0180	0,0040	0,0036
» $8^1/_2$ » »	$12^1/_2$ N.	25. »	0,0123	0,0109	0,0031	0,0027
» $12^1/_2$ N. »	5 a. m.	26. »	0,0112	0,0098	0,0025	0,0022
» 5 a. m. »	$9^1/_2$ »	26. »	0,0089	0,0080	0,0020	0,0017

Jetzt werden beide Röhren in einem grossen Wasserreservoir, dessen Temperatur ungefähr 26° beträgt, dem Sonnenlichte ausgesetzt. In der Röhre I wird ein ziemlich langsamer Strom von kohlensäurefreier Luft unterhalten, der nach seinem Austritt aus der Röhre den Trockenapparat (zwei Chlorcalciumröhren) und dann den Kaliapparat sammt einer neuen Chlorcalciumröhre (wie früher im Dunkeln) durchstreicht. Nach der Beleuchtungsperiode, die von 10 a. m. bis 6 p. m. dauerte, war das Gewicht des Kaliapparats und des ihm folgenden Chlorcalciumrohrs blos um 0,0003 gr. gestiegen. Somit lieferte der in kohlensäurefreier Luft insolirte Spross gar keine Kohlensäure, oder, mit anderen Worten, es wurde die durch Athmung erzeugte Kohlensäure von ihm wieder zersetzt. Unterdessen erhielt der Spross II das Sonnenlicht in einer an Kohlensäure reichen Athmosphäre. Himmel klar. Um 6 p. m. werden beide Röhren wieder verdunkelt.

Von $7^1/_2$ p. m. bis	11 p. m.	26. Juni	0,0078 gr.	0,0127 gr.	0,0022 gr.	0,0036 gr.
» 11 » »	9 a. m.	27. »	0,0163	0,0275	0,0016	0,0027

Beide Sprossen sind ganz frisch. Ich wage es nicht zu entscheiden, ob die kleine in

kohlensäurefreier Luft eingetretene Erhöhung der Athmungsenergie nur einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben sei. Dass letztere hier keine Senkung, wie im vorigen Versuche erfuhr, darf uns nicht wundern, da die Zweige diesmal viel später insolirt wurden, zu einer Zeit, wo, wie wir später näher erfahren sollen, die anfänglich rasche Senkung allmälich ganz unbeträchtlich wird. Jedenfalls tritt aber der Einfluss des Kohlensäuregehalts der umgebenden Luft auch in diesem Versuche scharf hervor.

Der nun folgende Versuch soll die Wirkung der verschieden brechbaren Lichtstrahlen illustriren.

Versuch 8.

Am 7. Juli werden um 6 p. m. zwei frisch geschnittene *Crataegus*-Sprossen geköpft und die je drei fast ausgewachsene Blätter tragenden Stücke einzeln in die Röhren eingeschlossen. Die Temperatur schwankt zwischen 30° und 31°.

		Kohlensäure in Grammen.			
		Absolut.		In 1 Stunde.	
		I.	II.	I.	II.
Von $7\frac{1}{2}$ p. m.	bis $11\frac{1}{2}$ p. m. 7. Juli	0,0106 gr.	0,0106 gr.	0,0026 gr.	0,0026 gr.
» $11\frac{1}{2}$ »	» 8 a. m. 8. »	0,0178	0,0175	0,0021	0,0021
» 8 a. m.	» 12 M. 8. »	0,0072	0,0068	0,0018	0,0017

Um $12\frac{1}{2}$ M. kommen beide Röhren unter die allgemein bekannten Becquerel'schen doppelwandigen Glocken, deren erste eine Lösung von Kupferoxydammoniak, die zweite eine Lösung von Kalibichromat enthält. Diese Glocken werden dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt, um aber eine zu starke Erwärmung unter ihnen zu verhüten, werden sie in grössere mit Wasser gefüllte Gefässe eingetaucht und das Wasser während der Besonnung mehrmals mit frischem ersetzt. Beide Röhren erhalten ungefähr gleiche Kohlensäuremengen. Die Beleuchtung dauert bis 6 p. m.

		I.	II.	I.	II.
Von $6^h40'$ p. m.	bis $1^h10'$ a. m. 9. Juli	0,0090 gr.	0,0143 gr.	0,0014 gr.	0,0022 gr.
» $2^h15'$ a. m.	» $11^h10'$ » 9. »	0,0090	0,0140	0,0010	0,0015
» 1 p. m.	» $11\frac{1}{2}$ p. m. 9. »	0,0088	0,0140	0,0008	0,0013
» $12\frac{1}{2}$ N.	» $5\frac{1}{2}$ » 10. »	0,0138	0,0160	0,0008	0,0010
» 7 p. m.	» 11 » 10. »	0,0036	0,0036	0,0009	0,0009
» 12 N.	» $9\frac{1}{2}$ a. m. 11. »	0,0086	0,0088	0,0009	0,0009

Um $9\frac{1}{2}$ a. m. werden die Zweige auf dieselbe Weise wieder mit Kohlensäure versorgt und besonnt (Himmel wolkenfrei), jetzt bekommt aber № I rothes, № II blaues Licht. Obgleich die Lufttemperatur unter den Glocken bis auf 40° C. stieg blieben die Sprosse ganz frisch. Um $6\frac{1}{2}$ p. m. wird mit der Belichtung abgebrochen.

	I.	II.	I.	II.
Von $7^h 50'$ p. m. bis $12^h 50'$ N.	0,0088 gr.	0,0060 gr.	0,0018 gr.	0,0012 gr.
» 2 a. m. » 10 a. m. 12. Juli	0,0102	0,0064	0,0013	0,0008

Das Resultat aller eben angeführten Versuche lässt sich folgendermaassen kurz zusammenfassen. Im Dunkeln sinkt die Athmungsintensität, wird aber durch eine zeitweise Beleuchtung des Zweiges wieder erhöht; diese Erhöhung wird durch die schwächer brechbaren Strahlen (roth etc.) des Sonnenlichts hervorgerufen und tritt nur bei Gegenwart einer genügenden Kohlensäuremenge hervor. Daraus zog ich den Schluss, es müsse diese Erhöhung auf Assimilation des Zweiges beruhen. Dieser Schluss ist es nun den Herr Rischawi stark angreift. Er meint es könnte die nach der Beleuchtungsperiode eintretende Erhöhung der Athmungsintensität auf eine andere Weise erklärt werden. Im Dunkeln befindet sich der Spross in einer wenn auch nicht durchaus kohlensäurefreien, da er selbst Kohlensäure producirt, doch wenigstens an diesem Gase ziemlich armer[1]) Luft. Wird er nun nach einigen Stunden dem Sonnenlichte ausgesetzt und dabei reichlich mit Kohlensäure versorgt[2]), so muss auch ohne etwaige Assimilation das saftige Gewebe die Kohlensäure der Umgebung auf rein physikalische Weise absorbiren und, wenn der Zweig abermals in kohlensäurearmer Luft verdunkelt wird, diese absorbirte Kohlensäure wieder aushauchen, wodurch die Intensität der Athmung scheinbar vergrössert wird. Wenn dieses Raisonnement richtig ist, so wird die scheinbare Erhöhung der Athmungsintensität auch ohne Beleuchtung eintreten, nachdem der Zweig im Dunkeln einige Stunden in kohlensäurereicher Luft verbracht haben

1) Wenn wir auf Grund der stündlich entwickelten Kohlensäuremengen und der Geschwindigkeit des Luftstroms den Kohlensäuregehalt der in der Röhre den Zweig umgebenden Luft bestimmen, so stellt sich dieser Gehalt nie mehr als auf 1%, gewöhnlich beträgt er weniger als $^1/_2$ %, es ist aber beachtenswerth dass dieser an sich schwache Kohlensäuregehalt denjenigen der freien Luft jedenfalls bedeutend übersteigt; es wird somit der zum Versuch dienende, im Freien abgeschnittene Zweig eigentlich in eine an Kohlensäure reichere Athmosphäre übertragen.

2) Ich kann nicht umhin ohne einen kleinen Fehler, den Herr Rischawi, jedenfalls unwillkührlich, begeht, indem er meinen oben angeführten ersten Versuch wiedergibt, namhaft zu machen Um den Leser besser von dem Kohlensäurereichthum der Luft während der Beleuchtungsperiode zu überzeugen führt er an, ich hätte in diesem Versuche 120 Cc. Kohlensäure in eine etwa 400 Cc. fassende Röhre eingeführt, woraus sich eine mehr als 40% oder sogar 50% Kohlensäure enthaltende Athmosphäre ergeben würde, wenn man bedenkt, dass einen nicht unbeträchtlichen Theil des inneren Raumes der Versuchszweig etc. ausfüllt. Als ich diese Angabe las, wurde ich selbst über das unzweckmässige, der Assimilation jedenfalls ungünstige Reichthum an Kohlensäure der von mir bereiteten Athmosphäre unangenehm überrascht. Beim Nachschlagen der betreffenden Stelle meiner Abhandlung erwies sich aber, dass, wie oben angeführt ist, ich während der acht Stunden dauernden Beleuchtung viermal etwa 30 Cc. Kohlensäure in die Röhre einführte. Wenn nun auch viermal dreissig mathematisch wirklich 120 gleich sind, so kann es physiologisch keineswegs gleichgültig sein ob wir 120 Cc. auf ein mal oder in kleineren Dosen vertheilt der Pflanze verabreichen; nur wenn der Zweig absolut assimilationsunfähig wäre, würde das der Fall sein. Da in den meisten Versuchen die Kohlensäure, wie oben erwähnt, durch Einathmen geschafft wurde, so war dadurch eine übermässige Kohlensäureanhäufung ganz ausgeschlossen.

wird. Herr Rischawi behauptet diese Vermuthung experimentell und zwar mit positivem Erfolge geprüft zu haben. Es wurden zwei abgeschnittene Zweige in gleiche Röhren einzeln gebracht und im Dunkeln ihre Athmungsintensität festgestellt. Nachdem in beide Röhren gleiche beträchtliche Mengen von Kohlensäure eingeführt waren, wurde die eine der Wirkung des Lichtes ausgesetzt, die andere im Dunkeln stehen gelassen. Als nach einigen Stunden die früheren Versuchsbedingungen wieder hergestellt wurden verhielten sich beide Zweige ganz gleich: in beiden war die Athmungsenergie erhöht. Soweit Rischawi.

Es soll somit die von mir beobachtete Erhöhung der Athmungsintensität nach einer Beleuchtungsperiode nicht auf Assimilation, d. h. Verarbeitung der Kohlensäure und Bildung neuer Kohlehydratmengen, sondern auf einer physikalischen Absorption der Kohlensäure beruhen, wodurch die ganze Erscheinung jedenfalls viel von ihrem Interesse verlieren muss. Assimilation oder Absorption, das ist eben die zwischen uns bestehende Controverse, die ich in dieser Abhandlung einer näheren Prüfung unterwerfen will.

Es ist zu bedauern dass Herr Rischawi sich mit der kurzen Erwähnung seiner Resultate begnügt ohne nähere Angaben über die Versuchsbedingungen des oben erwähnten entscheidenden Experimentes sowie die dabei erhaltenen Zahlenwerthe mitzutheilen. Wir erfahren weder den Namen der Versuchspflanze, noch die Menge der verabreichten Kohlensäure oder die Dauer der Beleuchtung etc., was um so auffallender ist, als mein eigener (erster) Versuch in derselben Schrift ausführlich mit Zahlenwerthen mitgetheilt wird. Herr Rischawi sagt, er halte es für der Mühe nicht werth seine Zahlen anzuführen, da, wie er aus einem politischen Blatte erfuhr, ich selber nach dem Erscheinen meiner russischen Arbeit in einer Sitzung der Petersburger Naturforscher-Gesellschaft meine Schlüsse zurückgezogen hätte. Es handelt sich hier um eine nachträgliche, am 16. December 1876 in der botanischen Section gemachte Mittheilung[1]), wo ich über einige neu angestellte Versuche berichtete. Wie wenig man politischen Blättern in solchen Dingen vertrauen kann, ergiebt sich schon daraus, dass gerade in dieser Sitzung ich einen mit *Pinus sylvestris* angestellten Versuch mittheilte, der als eine wichtige Stütze meiner Ansicht betrachtet werden muss und durchaus gegen Rischawi's Deutung spricht; an seinem Orte soll dieser Versuch ausführlich beschrieben werden (S. Versuch 9). Die von mir damals geäusserten Zweifel betrugen einen ganz anderen Punkt, der mir auch jetzt nach vielen neuen Versuchen immer noch nicht ganz klar erscheint. Doch darüber kann erst in einer späteren Abhandlung die Rede sein.

Ehe ich zu einer experimentellen Prüfung der in Rede stehenden Controverse übergehe, will ich zunächst die Unwahrscheinlichkeit der Rischawi'schen Deutung meiner Resultate etwas näher auseinandersetzen und die Gründe anführen, warum mir damals ein im Dunkeln in kohlensäurereicher Luft angestellter Gegenversuch überflüssig zu sein schien.

---

1) Vergl. das Protokoll dieser Sitzung in den Arb. der Petersburger Naturf.-Ges., Bd. VIII, p. 21 (russisch).

Ich gestehe ausdrücklich diesen Umstand jetzt nicht genug bedauern zu können, da mit einer kleinen Mehraufwendung von Zeit jede künftige Controverse ein für alle mal ausgeschlossen sein würde und ich sowohl Herrn Rischawi als mir selbst dadurch viel Zeit und Mühe erspart hätte. Wäre die Assimilation eine blosse Hypothese, zu der ich Zuflucht nahm, um die nach einer Beleuchtungsperiode eintretende Erhöhung der Athmungsintensität zu erklären, so hätte mein Gegner gewiss Recht an der Richtigkeit dieser Erklärung zu zweifeln und eine andere einfachere vorzuschlagen. Nun ist aber die Assimilation eine seit mehr als Hundert Jahren für alle Zeiten sicher festgestellte Thatsache; wir wissen bestimmt dass ein gesundes grünes Blatt in einer kohlensäurereichen Luft am Lichte nicht verweilen kann, ohne Kohlensäure zu zerlegen und zu verarbeiten. Aus den Untersuchungen von Boussingault[1]) wissen wir weiter, dass diese Assimilationsfähigkeit nicht nur in abgetrennten Zweigen, sondern sogar in einzeln abgeschnittenen Blättern lange Zeit erhalten bleibt, möge man sie auch im Dunkeln aufbewahren, wenn nur Wasser und Sauerstoff denselben zu Gebote stehen. Es kann somit durchaus keinem Zweifel unterliegen, dass die Zweige in meinen Experimenten während der Beleuchtungsperiode die ihnen verabreichte Kohlensäure wirklich assimilirten. Wird nun aber die Kohlensäure im grünen Gewebe energisch zerlegt, so kann eine bedeutende Anhäufung derselben auch bei beträchtlichem Kohlensäuregehalt der umgebenden Luft im Inneren der Pflanze selbst keineswegs erwartet werden. Sogar das bei seinem Versuche von Rischawi erhaltene Resultat, so wie er dasselbe mittheilt, würde bestimmt für die Beeinflussung der Athmungsintensität durch assimilatorisch neu gebildete Kohlehydratmengen sprechen. Wenn wir zwei gleichen Sprossen, wie im Rischawi'schen Versuche gleiche Kohlensäuremengen verabreichen und nun den einen ans Licht stellen, während der andere im Dunkeln verbleibt, so wird ja nur der erste assimiliren, also das ihm dargebotene Kohlensäurequantum verringern. Wäre also die nachträglich auftretende mehrmals erwähnte Erhöhung der Athmungsintensität wirklich nur ein Resultat von vom Gewebe physikalisch absorbirter Kohlensäure, so müsste der verdunkelte Zweig nicht dieselbe, sondern eine viel stärkere Erhöhung als der belichtete ergeben, da ersterer factisch in einer kohlensäurereicheren Athmosphäre verweilte. Es kann somit nur die Frage sein ob nicht ausser der von mir näher untersuchten Erscheinung noch eine andere scheinbar ähnliche existirt, die unter anderen Bedingungen durch eine andere Ursache hervorgerufen wird; dann wäre Rischawi's Deutung nicht an die Stelle sondern neben der von mir gegebenen als ein anderes rein physikalisches Phänomen betreffend zu setzen. Dass dem wirklich so ist werden wir weiter erfahren. Wollten wir Rischawi's Erklärung auch auf die von mir erhaltenen Resultate ausstrecken, so wäre es ganz unbegreiflich warum nach Beleuchtung mit

1) C. rendus, T. 61, 1865, p. 493. So sehen wir z. B. in Versuch XIV ein Blatt von *Nerium Oleander* die Kohlensäure energisch zersetzen, nachdem es vier volle Tage im Dunkeln verbracht hatte. Pfeffer (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, p. 34) fand, dass *Sambucus*-Blätter sogar nach 24-stündigem Verweilen in Wasserstoff ihre Assimilationsfähigkeit nicht verlieren.

rothem Lichte eine viel stärkere Erhöhung der Athmungsenergie eintrat als nach Verweilung im blauen (s. oben, Versuch 8); gerade das Gegentheil wäre zu erwarten, da in den blauen Lichtstrahlen der Gehalt der Luft an Kohlensäure keine Schwächung durch Zerlegung derselben erfahren wird. Wenn wir aber auf diesen Versuch, da er einzeln da steht[1]), kein grosses Gewicht legen, so bleibt doch die unzweifelhafte Beeinflussung der Athmungsenergie durch die Intensität des während der Beleuchtungsperiode wirkenden Lichtes ebenso unverständlich. Auch hier müsste man nach Rischawi gerade das Gegentheil erwarten: bei trübem Wetter ist, ganz abgesehen von der schwächeren Assimilation, schon die niedrigere Temperatur der umgebenden Luft und des Gewebes der physikalischen Absorption von Kohlensäure jedenfalls günstiger als bei klarem Sonnenscheine, in Wirklichkeit tritt aber bei letzterem die Athmungssteigerung, wie wir sahen, viel schärfer hervor. Schliesslich will ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen, der ebenfalls gegen Rischawi's Erklärung sprechen würde. Die nach der Beleuchtungsperiode erhöhte Athmungsenergie bleibt, wie aus dem Versuch 1 z. B. ersichtlich ist, im Dunkeln nicht auf dieser Höhe stehen, sondern fällt abermals. Betrachtet man nun diese Fällung genauer, so ergiebt sich, dass sie der ersten, am Anfange des Versuchs, als der frisch abgeschnittene Zweig eben verdunkelt wird, auftretenden durchaus analog ist. Durch Einschaltung einer Beleuchtungsperiode werden offenbar die zu Anfang des Versuchs in dem Zweige herrschenden Athmungsverhältnisse mehr oder minder vollständig wieder hergestellt. Beide Kurvenabschnitte, die man bei graphischer Darstellung des Athmungsganges erhält, sehen einander ganz gleich aus, und es wäre daher ganz unnatürlich diese zwei gleichen Senkungen zwei durchaus verschiedenen Ursachen zuzuschreiben. Wenn wir also die nach der Beleuchtung stattfindende Senkung mit Rischawi als durch Aushauchen physikalisch absorbirter Kohlensäure verursacht betrachten, so müssen wir dasselbe consequenter Weise auch für die anfängliche Senkung behaupten. Damit wird nun aber schwerlich Jemand einverstanden sein, denn es wäre nicht einzusehen, wie im grünen Gewebe eines in freier Luft an der Sonne wachsenden Sprosses eine irgend bedeutende Kohlensäureanhäufung vorhanden sein könnte. Rischawi selbst scheint der sowohl von Wolkoff und Mayer, als von mir gegebenen Deutung der im Dunkeln an abgetrennten Pflanzentheilen eintretenden Schwächung der Athmungsintensität zu huldigen. Ist man aber damit einverstanden, dass eine Verringerung des Kohlehydratvorraths eine Abschwächung der Athmung verursacht, so liegt es ja auf der Hand, dass eine Vergrösserung des disponiblen Athmungsmaterials, wie sie z. B. durch Neubildung von Kohlehydraten auf dem Wege der Assimilation eintreten wird, das entgegengesetzte Resultat, also eine Steigerung der Athmungsintensität hervorbringen muss.

Bei meinen neuen Experimenten befolgte ich wesentlich dieselben zwei verschiedenen

---

1) In meiner russischen Schrift findet sich noch ein anderer mit *Spiraea opulifolia* angestellter Versuch, in welchem aber wegen ungünstiger Beleuchtungsverhältnisse die Athmungssteigerung überhaupt nur schwach aber in demselben Sinne wie in Versuch 8 angedeutet ist: das rothe Licht lieferte etwas mehr als das blaue.

Methoden, die in meiner mehrfach erwähnten russischen Schrift näher auseinandergesetzt sind. Theils wurde durch das Recipient ein Strom entkohlensäuerter Luft mit constanter Geschwindigkeit durchgeführt und die entwickelte Kohlensäure ihrem Gewichte nach bestimmt, theils wurde nach Wolkoff und Mayer's Vorgang der verzehrte Sauerstoff volumetrisch gemessen. In beiden Fällen wurden aber einige Abänderungen angetroffen.

Was die erste Methode betrifft, so habe ich früher als Absorptionsmittel für Wasserdampf Chlorcalcium angewandt. Bekanntlich trocknet aber diese Substanz die Luft nur unvollständig und zwar, wie von chemischer Seite berichtet wird[1]), bis zu einem verschiedenen Grade. Die unvollständige Trocknung an sich würde ohne jede Bedeutung sein; wenn aber die vor dem Kaliapparate und nach demselben eingeschalteten Chlorcalciumröhren eine ungleichmässige Trocknung der sie durchströmenden Luft verursachen würden, so könnte dadurch freilich ein kleiner Fehler entstehen. Ich wende jetzt anstatt des Chlorcalciums concentrirte Schwefelsäure an. Bringt man aber mit Schwefelsäure getränkte Bimsteinstückchen in U-förmig gebogene Röhren ein, so werden die Korkpfropfen von innen aus auch bei grösster Vorsicht in der Handhabung von der Säure nicht selten angegriffen, da letztere beim Durchströmen der Luft leicht spritzt. Um diesem Uebelstande vorzubeugen hat C. Voit[2]) für seinen Respirationsapparat dünnwandige, etwa 120 C. c. fassende Glaskölbchen angewandt, in deren Halse sich ein sorgfältig eingeschliffener, mit dem Abgangsrohr verbundener Glasstopfen befand; das Zugangsrohr reichte bis an den Boden des Gefässes und war in dessen Wandungen eingeschmolzen. Sie wurden durch den Hals mit kleinen Bimsteinstückchen gefüllt, welche geglüht und noch heiss in die reine concentrirte Schwefelsäure geworfen worden waren. Die Kölbchen hatten gefüllt ein Gewicht von etwa 70 Grm. und nahmen das Wasser aus einem Luftstrom ganz vortrefflich auf, so dass ein zweites Kölbchen nur eingeschaltet wurde, um sich von der vollkommenen Absorption zu überzeugen. Ein solches Kölbchen ist von Voit auf Taf. XV (l. c. Fig. 3) abgebildet. So zweckmässig nun auch diese Construction ist, indem damit die Anwendung von Kork vermieden wird, schien sie mir doch etwas unpraktisch zu sein, da die Operation des Füllens langwierig ist. Ich wende daher anstatt mit Schwefelsäure getränkten Bimsteinstückchen einfach concentrirte Schwefelsäure an und vereinfache die Construction durch Weglassung des Glasstöpsels; in meinen Kölbchen ist der Hals direkt zu einem unter rechtem Winkel gebogenen Rohre ausgezogen, der als Abgangsrohr dient. Sie werden bis zu $^1/_2$ oder $^1/_3$ mit Schwefelsäure angefüllt; das Wechseln der Säure nimmt nur einige Minuten in Anspruch. Durch direkte Versuche überzeugte ich mich, dass in frisch gefüllten Kölbchen, wenigstens bei der unbedeutenden Geschwindigkeit des Luftstroms, die bei meinen Versuchen angewandt wurde,

1) Laspeyres. Ueber die quantitative Bestimmung des Wassers. Journ. f. prakt. Chemie, 1875, Bd. 11, p. 26.

2) C. u. E. Voit und J. Forster. Ueber die Bestimmung des Wassers mittelst des Pettenkofer'schen Respirationsapparates. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XI, 1875, p. 157.

schon das erste Kölbchen das Wasser vollständig absorbirte; erst wenn dasselbe circa 1 Gr. davon abgehalten hatte, fing auch das zweite an an Gewicht unbedeutend zuzunehmen. Als Trockenapparat benutzte ich immer zwei Schwefelsäure-Kölbchen, die zwischen der Versuchsröhre und dem Kaliapparate eingeschaltet wurden; sie konnten getrost 1—2 Wochen lang functioniren ohne einer Erneuerung der Säure zu bedürfen. Das dem Kaliapparate entrissene Wasser wurde dagegen, um die Wägungen nicht unnützerweise zu vervielfältigen, nur durch ein Schwefelsäure-Kölbchen aufgefangen, letzteres aber alle 3—4 Tage gewechselt, ehe es 1 Gr. Wasser condensirt hatte. — Die Kohlensäure wurde meistens, wie in den früheren Versuchen, durch Kalilauge in einem Geissler'schen Kaliapparate absorbirt; zuweilen bediente ich mich aber zu diesem Zwecke Natronkalks in U-förmigen Röhren, so z. B. in denjenigen Versuchen (s. weiter), wo mit Absicht ein rascherer Luftstrom angewandt wurde. Die Kohlensäure der äusseren Luft wurde ehe letztere in die Versuchsröhre eintrat durch zwei Natronkalkröhren abgehalten. Was die Geschwindigkeit des Luftstroms betrifft, so war sie meistens $^1/_2$ bis 1 Liter in der Stunde gleich; wir werden aber weiter erfahren dass dieselbe, möge sie nur constant bleiben, auf den Gang der Athmung keinen merklichen Einfluss übt.

Ich gehe nun zu der zweiten Methode über. Bei meinen früheren Versuchen adoptirte ich den bekannten ∩-förmigen Apparat von Wolkoff und Mayer. In demselben befindet sich die Pflanze in einer ziemlich breiten Röhre, während die Ablesung des Quecksilberstandes in einer anderen engeren, mit ihr zusammenhängenden ausgeführt wird. Hat man aber ein gutes Cathetometer zu seiner Disposition, so ist die grössere Genauigkeit dieser Einrichtung nur scheinbar, da cathetometrisch auch in breiteren Röhren der Stand des Quecksilbers sehr genau bestimmt werden kann. Nicht hierin, sondern in der Unsicherheit der Barometerablesungen liegt eine Schranke für die Genauigkeit der Volumenmessung. Andrerseits hat die von Wolkoff und Mayer adoptirte Einrichtung ihre schwache Seite, die nicht zu vernachlässigen ist, nämlich ist man dabei nicht im Stande Absorptionsmittel in den Apparat nachträglich einzuführen; die Natronlauge muss nothwendigerweise schon vor der Beschickung des Apparats in denselben eingeschlossen werden. Eine spätere Einführung wäre nur durch das engere Rohr möglich, dabei würde aber die Absorption der geringen Absorptionsfläche wegen nur höchst langsam erfolgen. Daher kehrte ich zu den ursprünglich von mir benutzten, einfachen, circa $2^1/_2$ Cm. breiten Absorptionsröhren, die nur in halbe Cub. Cent. getheilt aber nachträglich sorgfältig calibrirt waren, zurück. Es wurde zu diesem Zwecke die Röhre in umgekehrter Stellung genau vertikal fixirt, Quecksilber eingegossen, die an den Glaswänden haftenden Luftbläschen entfernt und dann das Gewicht des zwischen jeden zwei Theilungen eingeschlossenen Quecksilbers bestimmt; das letztere wurde mittelst eines als Pipette dienenden Glasröhrchens herausgenommen und der Stand des Meniscus durch das Cathetometerrohr beobachtet. Da die matte Fläche des Theilungsstriches eine scharfe Einstellung des Quecksilbermeniscus auf den oberen oder unteren Rand des ersteren beeinträchtigt, so habe ich es vorgezogen das Fadenkreuz des Fernrohrs jedesmal zunächst auf

den oberen Rand des Theilungsstriches einzustellen, dann aber mittelst der Mikrometerschraube auf eine beliebige kleine, aber stets dieselbe Distanz zu erheben und nun die Coincidenz des höchsten Punktes des Quecksilbermeniscus mit dem Fadenkreuzpunkte zu bewerkstelligen, was sehr scharf ausgeführt werden kann, wenn man das Quecksilber mit einem feineren Glasröhrchen zum Ende in kleinen Portionen herausnimmt. Auf diese Weise erhält man bei einer zweiten Calibrirung, die stets zur Controlle vorgenommen wurde, mit der ersten gut übereinstimmende Zahlen; ist das hie und da nicht der Fall, so wird die Bestimmung an den betreffenden Orten mehrmals wiederholt. Selbstverständlich genügt es diese ganze etwas langwierige Operation auf einer verhältnissmässig kleinen Strecke des Rohrs (etwa von 100 C. c. bis 70 C. c. auszuführen, da ja die Theilungen des oberen, das Versuchsobjekt einschliessenden Röhrentheiles bei dem Experimentiren nicht in Betracht kommen. Ausserdem kann auch das Gesammtvolum durch Wägung der ganzen Quecksilbermenge bestimmt werden, aber ein Fehler in dieser Richtung ist, wie Wolkoff und Mayer richtig bemerken, fast ohne Bedeutung wenn, wie es in allen meinen Versuchen der Fall war, die Temperatur- und Druckschwankungen keine bedeutende Höhe erreichen. Misst man endlich noch am Cathetometer den Abstand der Theilungsstriche von einander, so ist man im Besitz aller Daten um für jede Versuchsröhre ein für allemal eine Calibrirungstabelle zu verfertigen, in der das jeder Theilung entsprechende Volumen, so wie das Volumen eines Millimeters oder Millimetertheiles an verschiedenen Stellen der Theilung verzeichnet werden. Notirt man bei jeder Volumablesung den Abstand des höchsten (resp. tiefsten) Punktes des Quecksilber- resp. Natronlaugemeniscus von der nächsten Theilung, so ist man im Stande die beobachteten Gasvolumina sehr präcis festzustellen. — Während des Versuchs wird die Verdunkelung des Pflanzentheils durch Umwickeln des ganzen oberen Röhrentheiles mit Stanniol erzielt. Um eine gleichmässigere Temperatur zu erhalten wurde der ganze zum Versuche beschickte Apparat in Wasser eingetaucht. Letzteres befand sich in einem grossen Kasten, dessen Boden und Seitenwände aus Zink, die vordere und hintere Wand aber aus dickem Spiegelglase bestanden. In einem solchen Reservoir konnten zwei oder mehr Apparate nebeneinander untergetaucht werden. — Ich erlaube mir noch einige Worte die Concentration der zur Absorption von Kohlensäure in die Versuchsröhre einzuführenden Alkalilauge betreffend. Bekanntermeise wird die bei Berechnung der Normalvolumina der eingesperrten Luft in Betracht kommende Tension des Wasserdampfes durch die Gegenwart von Alkalilauge merklich beeinflusst, was nicht immer[1]) berücksichtigt wird. Zwar besitzen wir, ausser einer allgemeinen Angabe von Boussingault[2]) noch eine Reihe genauer von Wüllner[3]) in dieser Richtung an fünf verschiedenen Concentrationen der Kali- und Natronlauge

1) So z. B. nicht in Pfeffer's und Godlewski's bekannten Arbeiten. S. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, Heft 1 u. 3.

2) Boussingault. Agronomie, Chimie agricole et Physiologie. T. III, Paris, 1864, p. 286.

3) Wüllner. Versuche über die Spannkraft des Wasserdampfes aus Lösungen wasserhaltiger Salze. Poggendorff's Annalen, Bd. CX, 1860, p. 564.

bei verschiedenen Temperaturen angestellten Beobachtungen, die ich in meiner russischen Arbeit benutzte. Es ist aber zu bedenken, dass alle diese Angaben nur für die Tension des von der Alkalilauge selbst entwickelten Wasserdampfes gelten, während bei unserer Versuchsanstellung neben der Lauge in demselben Raume noch reines Wasser und ein auf eine ebenfalls abweichende Weise durch Transpiration Wasserdampf liefernder Pflanzentheil sich befindet. Unter so complicirten Verhältnissen wäre es schwer die wahre Tension des Wasserdampfes im abgesperrten Raume zu ermitteln. Vielleicht ist sie von der des reinen Wassers nicht verschieden; wenigstens giebt neuerdings Bunsen[1]) an, «dass in Gasen, wenn dieselben in mit Wasser befeuchteten Eudiometern über einer selbst sehr concentrirten Alkalilösung sich befinden, anfangs nicht die Dampftension der Alkalilösung, sondern die des reinen Wassers herrscht.» «Da eine siebenprocentige Natronhydratlösung selbst nach zehn- und mehrtägiger Einwirkung noch keine merkliche Austrocknung zu bewirken vermag, so wendet man am besten, wo es die Umstände gestatten, eine solche in mit Wasser befeuchteten Eudiometern zur Absorption der Kohlensäure an, indem man bei den Reductionen statt der Dampftension der Natronlösung die des reinen Wassers in Rechnung bringt.» Ich bin neuerdings diesem Rathe gefolgt und habe bei vielen Versuchen eine siebenprocentige Natronlösung angewendet. In anderen Fällen, dagegen, arbeitete ich mit stärkerer, etwa 50% Kalilauge, wobei die Tension des Dampfes derjenigen von reinem Wasser gleich angenommen wurde, was nach der eben citirten Angabe von Bunsen jedenfalls richtiger ist.

Schliesslich noch einige Worte über die graphische Darstellung der Beobachtungsresultate. In meiner russischen Schrift habe ich die für eine Stunde erhaltenen Zahlenwerthe direct, ohne jede Umrechnung für die graphische Darstellung benutzt, indem ich eine Stunde einem Millimeter der Abscissenaxe, und 0,0001 Gramm Kohlensäure resp. 0,01 C. c. Sauerstoff einem Millimeter der Ordinatenaxe gleich setzte. Dieses Verfahren erschwert aber die Vergleichung verschiedener Kurven unter einander, da ihre Anfangspunkte verschieden hoch liegen. Daher ziehe ich es jetzt vor sämmtliche Kurven auf ein und denselben Maassstab zurückzuführen, indem ich die am Anfang des Versuchs erhaltene Zahl gleich 100 setze und dann alle übrigen auf dieselbe beziehe, also in Procenten der Anfangsgrösse berechne. Aus praktischen Gründen, nämlich um Raum zu sparen, setze ich ein Procent nur einem halben Millimeter gleich, so dass der Anfangspunkt der Kurve stets um 5 Centimeter von der Abscissenaxe entfernt gedacht werden muss. Diese Reduction ist übrigens nur in den Figuren (1, 5 u. 6) ausgeführt, während im Texte die Zahlen so wie sie erhalten wurden angeführt werden. Auch ist die in Rede stehende Reduction nicht bei allen Figuren angewendet; einige sind nach der früheren Methode construirt, wie aus der Lage des Anfangspunktes sogleich ersichtlich ist. Es waren dabei praktische Rücksichten entscheidend.

Nun gehe ich zu den Experimenten selbst über. Es soll zunächst gezeigt werden, dass

1) Bunsen. Gasometrische Methoden. Zweite Auflage, 1877, p. 109.

die Erhöhung der Athmungsintensität nach einer Beleuchtungsperiode auch in kohlensäurearmer Luft stattfindet, aber unter Umständen die eine Aufspeicherung von Kohlensäure auf dem Wege physikalischer Absorption ausschliessen.

Versuch 9.

Am 20. Juni 1876 wurde um 1 p. m. in die Röhre I ein frisch abgeschnittenes System junger Sprosse von *Pinus sylvestris* eingeführt, aus einem 19 Cm. langen Gipfel- und vier 10—14 Cm. langen Seitensprossen bestehend. Die jungen Nadeln messen etwa 2 Cm. und sind noch, ihre Spitzen ausgenommen, in der von Niederblättern gebildeten Scheide verborgen. Gleichzeitig wurde in eine andere Röhre II ein älteres mit drei Zweigen versehenes und lauter ausgebildete, vorjährige Nadeln tragendes (alle heurigen Sprosse abgeschnitten) Stück derselben Pflanze eingesperrt. Temperatur während der drei ersten Tage constant 17,4°—17,5° C., später allmählich bis auf 18,0° steigend.

			Kohlensäure in Grammen.			
			Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
Von	$3^1/_2$ p. m.	bis $7^1/_2$ p. m. 20. Juni	0,0354 Gr.	0,0181 Gr.	0,0088 Gr.	0,0045 Gr.
»	$7^1/_2$ »	» $12^1/_2$ » »	0,0420 »	0,0245 »	0,0084 »	0,0049 »
»	$12^1/_2$ »	» $8^1/_2$ a. m. 21. Juni	0,0567 »	0,0354 »	0,0071 »	0,0044 »
»	$8^1/_2$ a. m.	» $3^1/_2$ p. m. »	0,0383 »	0,0306 »	0,0055 »	0,0044 »
»	$3^1/_2$ p. m.	» $1^1/_2$ a. m. 22. Juni	0,0475 »	0,0440 »	0,0047 »	0,0044 »
»	$1^1/_2$ a. m.	» $10^1/_2$ » »	0,0384 »	0,0390 »	0,0043 »	0,0043 »
»	$10^1/_2$ »	» $11^1/_2$ » 23. Juni	0,0901 »	0,1015 »	0,0036 »	0,0041 »
»	$11^1/_2$ »	» $8^1/_2$ » 24. Juni	0,0664 »	0,0820 »	0,0031 »	0,0039 »

Wir sehen somit die Athmungsintensität der jungen in Entwickelung begriffenen Sprossen stark und rasch sinken, während diejenige der ausgewachsenen unter denselben Versuchsbedingungen fast constant bleibt. Diese eigenthümliche, schon in meiner russischen Schrift berührte Verschiedenheit zwischen wachsenden und ausgewachsenen Pflanzentheilen soll in einer späteren Abhandlung näher discutirt werden.

Am 24. Juni um $8^1/_2$ a. m. wurden beide Röhren dem Lichte bei einer Temperatur von 19°—22° ausgesetzt und mehrmals kohlensäurereiche Luft eingeblasen. Himmel bedeckt und nur zwischen 5—8 p. m. öfters unterbrochener Sonnenschein. Um 12 U. Nachts nahm ich die Zweige aus den Röhren heraus und liess sie die ganze Nacht im Freien stehen, wobei die Temperatur bis auf 11° sank. Am künftigen Tage wurden sie von 10 a. m. bis 9 p. m., an einem offenen Fenster, also ebenfalls in freier kohlensäurearmer Luft stehend, den direkten Sonnenstrahlen (Himmel ganz klar) preisgegeben. Unter solchen Umständen war an eine physikalische Kohlensäureanhäufung im Gewebe nicht zu denken. Als nun um

9 p. m. beide Zweige wieder in die Röhren eingesperrt wurden und im Dunkeln bei einer Temperatur von 18,8°—19,0° athmen mussten, entwickelten sie folgende Kohlensäuremengen:

	I	II	I	II
Von 1 a. m. bis 10 a. m. 26. Juni	0,0314 Gr.	0,0740 Gr.	0,0035 Gr.	0,0082 Gr.

Während also nach einer Beleuchtungsperiode in freier Luft die jungen mit unentwickelten Nadeln besetzten Sprosse eine nur ganz unbedeutende (vielleicht nur scheinbare, durch die etwas höhere Versuchstemperatur hervorgerufene) Steigerung ihrer Athmungsintensität erfahren, finden wir letztere in den entwickelte Nadeln tragenden Zweigen zu einer doppelten Grösse gestiegen. Die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens liegt auf der Hand. Offenbar konnten nur die entwickelten, nicht aber die in ihrer Scheide eingeschlossenen jungen Nadeln die Kohlensäure der freien Luft benutzen und zu neuem Athmungsmaterial verarbeiten.

Am 26. Juni um 10 a. m. wurden beide Versuchszweige abermals aus den Röhren entfernt und wie früher am offenen Fenster bis $9^1/_2$ p. m. frei ausgestellt (ziemlich ununterbrochener Sonnenschein). Dann wieder verdunkelt. Temperatur diesmal langsam von 19° bis 21,5° steigend, später auf 20,5° sinkend.

	I	II		II
Von 12 N. bis 10 a. m. 27. Juni	0,0292 Gr.	0,0770 Gr.	0,0029 Gr.	0,0077 Gr.
» 10 a. m. » 3 p. m. »	0,0132 »	0,0354 »	0,0026 »	0,0071 »
» 3 p. m. » 2 a. m. 28. Juni	0,0316 »	0,0722 »	0,0029 »	0,0066 »
» 2 a. m. » 12 M. »	0,0288 »	0,0590 »	0,0029 »	0,0059 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0640 »	— »	0,0053 »
» 12 N. » 10 a. m. 29. Juni	— »	0,0485 »	— »	0,0048 »
» 10 a. m. » 12 N. »	— »	0,0621 »	— »	0,0044 »
» 12 N. » 12 M. 30. Juni	— »	0,0494 »	— »	00,041 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0462 »	— »	0,0038 »
» 12 N. » 12 M. 1. Juli	— »	0,0418 »	— »	0,0035 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0383 »	— »	0,0032 »
» 12 N. » 9 a. m. 2. Juli	— »	0,0274 »	— »	0,0030 »

Als am 28. Juni mit dem Versuche I abgebrochen wurde, zeigte sich dass die Nadelpaare während desselben deutlich gewachsen waren, denn ihre Länge betrug jetzt circa $2^1/_2$ Cm.

Ich kann nicht umhin, ohne auf einen unserer Grundfrage ferner liegenden aber auch höchst interessanten Punkt den Leser aufmerksam zu machen. Während die erste Beleuchtungsperiode in dem vorliegenden Versuche die Athmungsintensität des ausgewachsenen Zweiges II stark erhöhte, erwies sich eine zweite unmittelbar darauf folgende als wirkungslos;

sie vermochte nur die Athmung ungefähr auf ihrer während der ersten Belichtung errungenen Höhe zu erhalten, nicht aber einen neuen Aufschwung derselben hervorzurufen. Es scheint somit, dass die Intensität der Athmung eines Pflanzentheiles durch Assimilation nur bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden kann. Wodurch diese Grenze bestimmt wird, bleibt zu untersuchen. Man könnte sich z. B. vorstellen, dass in einem mit Assimilationsprodukten überladenen Blatte die Assimilation auch unter den günstigsten Bedingungen ganz unterbleibt, so lange nicht ein Theil dieses Ueberschusses fortgeschafft oder durch Athmung verbraucht ist und dadurch so zu sagen Raum geschaffen wird. Andrerseits wäre es auch wohl möglich dass die weitere Anhäufung von Kohlehydraten, wenn auch immer fortdauernd, von einem gewissen Grade an keine weitere Steigerung der Athmungsintensität verursacht, was auf eine nur mittelbare Betheiligung der Kohlehydrate im Athmungsprocesse hinweisen würde. Ich hoffe nächstens im Stande zu sein diese theoretisch wichtige Frage experimentell näher zu prüfen.

Versuch 10.

Am 29. Mai (1879) werden um 12 U. M. drei frisch abgeschnittene und geköpfte, d. h. ihres oberen jüngeren Theiles beraubte, Langsprosse von *Crataegus oxyacantha*, im Ganzen 14 Blätter tragend, in eine Röhre eingeschlossen und im Dunkeln ein Luftstrom durchgeleitet. Temperatur 25,1°—25,8°.

			Kohlensäure in Grammen. Absolut.	In 1 Stunde.
Von	$1^1/_2$ p. m.	bis 8 p. m. 29. Mai	0,1188 Gr.	0,0182 Gr.
»	8 »	» 11 » »	0,0480 »	0,0160 »
»	11 »	» 12 M. 30. Mai	0,1500 »	0,0116 »
»	12 M.	» 4 p. m. »	0,0328 »	0,0082 »
»	4 p. m.	» 11 p. m. »	0,0492 »	0,0070 »
»	11 p. m.	» $8^1/_2$ a. m. 31. Mai	0,0592 »	0,0062 »
»	$8^1/_2$ a. m.	» $8^1/_2$ p. m. »	0,0600 »	0,0050 »
»	$8^1/_2$ p. m.	» $11^1/_2$ a. m. 1. Juni	0,0640 »	0,0042 »

Nun werden die ganz frisch aussehenden Zweige aus der Röhre gezogen und am offenen Fenster in freier Luft sich selbst überlassen bis zum 5. Juni 11 a. m., wo die früheren Versuchsbedingungen wieder hergestellt werden. Während dieser Tage war das Wetter meistens trübe.

Von	$1^1/_2$ p. m.	bis $5^1/_2$ p. m. 5. Juni	0,0594 Gr.	0,0149 Gr.
»	$5^1/_2$ »	» $10^1/_2$ » »	0,0654 »	0,0131 »
»	$10^1/_2$ »	» $10^1/_2$ a. m. 6. Juni	0,1212 »	0,0101 »
»	$10^1/_2$ a. m.	» $11^1/_2$ p. m. »	0,0918 »	0,0071 »

Die Zweige sind noch immer frisch, und nur hie und da bemerkt man an den Blättern braune Fleckchen.

Ein längeres Verweilen in freier Luft steigert somit die im Dunkeln vorher stark abgeschwächte Athmung auffallend.

Versuch 11 (Fig. 1).

Am 9. Juli (1880) wurden um $5^1/_2$ p. m. in die Röhre I und II je zwei frisch geschnittene begrenzte, d. h. an ihrem Ende nicht weiter wachsende, Sprosse von *Crataegus* eingeschlossen. Jede Röhre enthält 14 Blätter. Temperatur 25,0°—25,4° und nur am letzten Tage (15. Juli) traten bedeutendere Schwankungen ein (24,6°—26,0°). Es wurde in diesem Versuche mit Absicht die Luft durch die beiden Apparate mit verschiedener Geschwindigkeit durchgeleitet; die Röhre I erhielt $^1/_2$ Liter, Röhre II — 6 Liter in der Stunde. Die Kohlensäure wurde in beiden Fällen durch Natronkalk absorbirt.

			Kohlensäure in Grammen.			
			Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
Von $6^1/_2$ p. m.	bis $7^1/_2$ p. m.	9. Juli	0,0102 Gr.	0,0122 Gr.	0,0102 Gr.	0,0122 Gr.
» $7^1/_2$ »	» $8^1/_2$ »	»	0,0104 »	0,0126 »	0,0104 »	0,0126 »
» $8^1/_2$ »	» $11^1/_4$ »	»	0,0238 »	0,0300 »	0,0086 »	0,0109 »
» $11^1/_4$ »	» $9^1/_4$ a. m.	10. Juli	0,0764 »	0,0936 »	0,0076 »	0,0094 »

Wie aus der (auf 100 reducirten, s. oben) Figur ersichtlich ist, bleibt die verschiedene Geschwindigkeit des Luftstroms ohne merklichen Einfluss auf den Gang der Athmung. Würde es sich um mechanisch absorbirte Kohlensäure handeln, so müsste das Resultat ein anderes sein und der raschere Strom jedenfalls einen rascheren Abfall und eine steilere Senkung der Athmungs-Kurve hervorrufen.

Am 10. Juli wurden um $9^1/_4$ a. m. die Zweige den Röhren entzogen und I offen im Zimmer stehend dem Lichte ausgesetzt, (die ganze Zeit trübe) während II mit einem geräumigen undurchsichtigen Recipienten überdeckt wurde.

Da unter letzterem sich kein kohlensäureabsorbirendes Mittel befand, verweilte der verdunkelte Zweig II in einer an Kohlensäure reicheren Atmosphäre als I. Am 11. Juli wurden um 4 p. m. die Zweige wieder in ihre Röhren eingeführt und die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

	I	II
Von 5 p. m. bis 6 p. m. 11. Juli	0,0082 Gr.	0,0060 Gr.
» 6 » » 7 » »	0,0076 »	0,0058 »

Es kamen nun wieder I offen ans Licht (ebenfalls trübe), II unter den Recipienten bis zum 12. Juli zu stehen, wo um 6 p. m. die frühere Versuchsanordnung abermals hergestellt wurde.

			I	II	I.	II.
Von 7 p. m.	bis 8 p. m.	12. Juli	0,0078 gr.	0,0038 gr.	0,0078 gr.	0,0038 gr.
» 8 »	» 10 »	12. »	0,0156	0,0070	0,0078	0,0035

Nochmals wie früher ausgestellt und erst am 14. Juli $7\frac{1}{2}$ p. m. (fast die ganze Zeit trübe) wieder in die Röhren eingesperrt.

Von 9 p. m. bis $11\frac{1}{2}$ p. m. 14. Juli 0,0222 gr. 0,0082 gr. 0,0089 gr. 0,0033 gr.

Da die Grösse meines Aspirators es nicht gestattete in II einen Strom von 6 Liter die ganze Nacht durch zu unterhalten, so wurde derselbe verlangsamt und erst von 9 a. m. an die normale Geschwindigkeit hergestellt.

			I	II	I	II
Von $9\frac{3}{4}$ a. m.	bis $2\frac{3}{4}$ p. m.	15. Juli	0,0312 gr.	0,0120 gr.	0,0062 gr.	0,0024 gr.
» $2\frac{3}{4}$ p. m.	» $6\frac{1}{2}$ »	15. »	0,0182	0,0086	0,0048	0,0023

Wir sehen somit, dass ein zweites Verweilen am Lichte, sogar unter der Assimilation wenig günstigen Bedingungen (schwache Beleuchtung, wenig Kohlensäure) dennoch im Stande war die Athmungsintensität volle sechs Tage lang wenigstens auf ihrer Anfangshöhe nahezu zu erhalten; während im Dunkeln ein stetiger Abfall beobachtet wird.

Es folgen nun zwei Versuche, die uns zeigen sollen, dass nach einer Beleuchtungsperiode nicht nur die Kohlensäureausscheidung, sondern auch die nach Wolkoff u. Mayer's Methode gemessene Sauerstoffabsorption gesteigert wird.

Versuch 12. (Fig. 2.)

Am 24. Mai (1879) wird um 3 p. m. in zwei calibrirte 100 Ccm. fassende Absorptionsröhren je ein unbegrenzt wachsendes Sprossende von *Crataegus* eingeführt; dieselben sind grösseren Zweigen entnommen, die vor drei Tagen im Freien geschnitten, seitdem in einem dunklen Zimmer offen stehend verweilten. Beide Röhren verdunkelt und mit Kalilösung beschickt.

		Normalvolumina der Luft.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II	I	II
24. Mai	$3\frac{1}{2}$ p. m. 18,9°	83,31 C.c.	82,65 C.c.	1,51 C.c.	1,30 C.c.	0,43 C.c.	0,37 Cc.
24. »	7 » 18,9	81,80	81,35	1,83	1,77	0,33	0,32
24. »	$12\frac{1}{2}$ N. 18,5	79,97	79,58	2,40	2,44	0,25	0,25
25. »	10 a. m. 18,1	77,57	77,14	1,05	1,06	0,21	0,21
25. »	3 p. m. 18,1	76,52	76,08	3,21	3,27	0,20	0,20
26. »	$7\frac{1}{4}$ a. m. 17,4	73,31	72,81				

Nun wird I aus der Röhre extrahirt und unter einer Glasglocke in kohlensäurereicher Luft, wo er bis $5^1/_2$ p. m. verweilt, belichtet (Himmel klar). In die Röhre II wird unterdessen eine neue Sauerstoffmenge eingeführt.

					I	II	I	II
26. Mai	8	a. m.	17,4°	— C.c. 83,30 C.c.	— C.c.	1,25 C.c.	— C.c.	0,18 Cc.
26. »	3	p. m.	18,0	— 82,05	—	0,75	—	0,21
26. »	$6^1/_2$	»	18,2	82,24 81,30	3,12	1,28	0,48	0,20
27. »	1	a. m.	18,0	79,12 80,02	4,27	1,87	0,45	0,19
27. »	$10^1/_2$	»	17,9	74,85 78,15				

Versuch 13.

Am 28. Mai (1879) werden um 11 a. m. in eine calibrirte Absorptionsröhre zwei frisch abgeschnittene Zweigstücke von *Crataegus*, jedes zwei ziemlich weit entwickelte Blätter tragend, wie im Versuch 12 eingeschlossen.

			Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.	In 1 Stunde.
28. Mai	$11^1/_2$	a. m.	18,2°	82,71 C. c.	0,91 C. c.	0,91 C. c.
28. »	$12^1/_2$	»	18,3	81,80	9,56	1,00
28. »	10	p. m.	18,5	72,24		

Sauerstoff eigeführt.

28. Mai	12	N.	18,5°	85,29 C. c.	6,48 C. c.	0,68 C. c.
29. »	$9^1/_2$	a. m.	18,1	78,81	1,71	0,45
29. »	$1^1/_2$	p. m.	18,2	77,10	2,22	0,32
29. »	$8^1/_2$	»	18,4	74,88		

Abermals Sauerstoff eingeführt.

29. Mai	$9^1/_4$	p. m.	18,4°	86,04 C. c.	3,97 C. c.	0,32 C. c.
30. »	$9^3/_4$	a. m.	17,7	82,07		

Von 10 a. m. bis $4^1/_2$ p. m. verweilen die Zweigstücke wie im vorigen Versuche am Lichte (klar) in kolensäurereicher Luft.

30. Mai	5 p. m.	19,0°	82,64 C. c.	2,62 C. c.	0,75 C. c.
30. »	$8^1/_2$ »	19,0	80,02	2,29	0,76
30. »	$11^1/_2$ »	18,9	77,73	5,77	0,61
31. »	9 a. m.	18,6	71,96		

Jetzt wollen wir den Versuch so anstellen, wie es Rischawi that und wollen prüfen ob wirklich ein Verweilen in kohlensäurereicher Luft auch bei Abschluss des Lichtes dasselbe liefert wie bei Einwirkung desselben.

Versuch 14. (Fig. 3.)

Am 20. Mai (1879) werden um 3 p. m. in die Röhren I und II je vier frisch im Freien geschnittene unbegrenzte Sprosse von *Crataegus* eingeführt. Temperatur 24,8°—25,5°.

		Kohlensäure in Grammen.			
		Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II
Von 6 p. m. bis	9 p. m. 20. Mai	0,0352	?	0,0117	?
» 9 »	» $12^1/_2$ N. 20. »	0,0438	0,0506	0,0125	0,0144
» $12^1/_2$ N.	» 10 a. m. 21. »	0,0866	0,1020	0,0091	0,0107
» 10 a. m.	» 2 p. m. 21. »	0,0264	0,0322	0,0066	0,0080
» 2 p. m.	» $7^1/_2$ » 21. »	0,0304	0,0386	0,0055	0,0070
» $7^1/_2$ »	» $11^1/_2$ » 21. »	0,0190	0,0228	0,0048	0,0057
» $11^1/_2$ »	» 9 a. m. 22. »	0,0400	0,0494	0,0042	0,0052

Sämmtliche Sprosse sehen frisch aus und sind bedeutend gewachsen. Nun werden die Sprossen II aus der Röhre entfernt und unter einer Glasglocke ans Licht gestellt (Himmel bedeckt). Röhre I dagegen bleibt an ihrem Platze stehen, aber der Luftstrom wird unterbrochen. Sowohl unter die Glocke, als in die Röhre I wird mehrmals kohlensäurereiche Luft eingeblasen. Um 6 p. m. kommt II wieder in die Röhre, aus I wird die kohlensäurereiche Luft durch frische vertrieben und nun die von beiden Versuchsobjecten gelieferten Kohlensäuremengen wie früher bestimmt.

		I	II	I	II
Von 8 p. m. bis	$11^1/_2$ p. m. 22. Mai	0,0122	0,0218	0,0035	0,0062
» $11^1/_2$ »	» 8 a. m. 23. »	0,0262	0,0438	0,0032	0,0052

Alle Sprosse durchaus frisch. Abermals verweilt I in kohlensäurereicher Luft im Dunkeln, II — am Lichte (trübe) bis 5 p. m.

Von $6^1/_2$ p. m. bis $11^1/_2$ p. m. 23. Mai	0,0132	0,0298	0,0026	0,0060
» $11^1/_2$ » » $8^1/_2$ a. m. 24. »	0,0216	0,0470	0,0024	0,0052

In I lassen sich auf den jüngeren Blättern stellenweise braune Fleckchen bemerken, II dagegen hat ein durchaus gesundes Aussehen. Nun wird, umgekehrt, I ans Licht gestellt, während II eine kohlensäurereiche Luft im Dunkeln geniesst. Himmel anfangs bedeckt, aber zwischen 12 und 3 Uhr fast ununterbrochener Sonnenschein. Um $6^1/_2$ p. m. werden die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

Von 8 p. m. bis $11^1/_2$ p. m. 24. Mai	0,0156	0,0132	0,0044	0,0038
» $11^1/_2$ » » $9^1/_2$ a. m. 25. »	0,0316	0,0302	0,0032	0,0030

Versuch 15. (Fig. 4.)

Am 6. Juni (1879) wird um $2^1/_2$ p. m. in zwei calibrirte Absorptionsröhren je ein frisch im Freien geschnittenes begrenztes Sprossstück von *Crataegus* eingeführt, das in I — drei, in II — vier Blätter besitzt von denen das oberste noch jung und nicht ausgewachsen ist.

	Normalvolumina.		Volumenverringerung. Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II	I	II	I	II
6. Juni 3 p. m.	17,9° 87,42 C.c.	88,26 C.c.	5,0 C.c.	5,19 C.c.	0,60 C.c.	0,63 C.c.
6. » $11^1/_4$ »	18,1 82,42	83,07	4,75	4,84	0,45	0,46
7. » $9^3/_4$ a. m.	18,0 77,67	78,23				

Um $10^1/_2$ a. m. werden beide Versuchsobjecte aus den Absorptionsröhren enfernt und in viel geräumigere Glasrecipienten übertragen, wobei der eine (II enthaltend) durch Umwickelung mit Stanniol undurchsichtig gemacht wird. Beide Recipienten tauchen in ein gemeinsames, mit Wasser angefülltes am Fenster stehendes Glasgefäss. Es wird in beide von Zeit zu Zeit kohlensäurereiche Luft eingeblasen. Himmel klar. Die Temperatur des Wassers steigt an der Sonne um 1 p. m. auf 29°, dann wird aber das Wasser erneuert und erwärmt sich bis 5 p. m. bloss auf 23°. Um $5^1/_2$ p. m. kommen die Zweige wieder in die Absorptionsröhren.

	I	II	I	II
7. Juni $5^3/_4$ p. m.	19,5° 86,85 C.c.	86,26 C.c.	1,44 C.c.	0,85 C.c.	0,48 C.c.	0,28 C.c.
7. » $8^3/_4$ »	19,5 85,41	85,41	1,41	0,81	0,56	0,32[1])
7. » $11^1/_4$ »	19,6 84,00	84,61	5,00	2,52	0,48	0,24
8. » $9^3/_4$ a. m.	19,4 79,00	82,09				

1) Ueber die Natur dieses Zackens (vergl. die Figur) weiss ich nichts anzugeben.

Von 10 a. m. bis $5^1/_4$ p. m. werden die Versuchszweige wie das erste Mal behandelt, also I im Lichte, II im Dunkeln mit kohlensäurereicher Luft versehen. Himmel ziemlich klar. Die Temperatur des Wassers steigt bis auf 30°.

						I	II	I	II
8 Juni	$5^3/_4$ p. m.	20,4°	86,08 C.c.	86,91 C.c.	}	2,38 C.c.	0,52 C.c.	0,48 C.c.	0,21 C c.
8. »	$8^1/_4$ »	20,5	84,89	86,39					
					}	1,55	0,65	0,52	0,22
8. »	$11^1/_4$ »	20,5	83,34	85,74					
					}	3,71	1,45	0,43	0,17
9. »	$7^3/_4$ a. m.	20,1	79,63	84,29					

Nun wird der Versuchszweig II, der bisher im Dunkeln verweilte, ans Licht gestellt und mit Kohlensäure versehen, während I im Absorptionsrohre im Dunkeln stehen bleibt. Am 11. Juni wird um $10^1/_2$ a. m. II wieder in das Absorptionsrohr versetzt und in I frische Luft eingeführt.

						I	II	I	II
11. Juni	$10^h35'$ a.m.	19,5°	88,09 C.c.	86,61 C.c.	}	1,00 C.c.	2,91 C.c.	0,13 C.c.	0,38 C.c.
11. »	$6^1/_4$ p. m.	19,5	87,09	83,70					
					}	0,58	1,74	0,12	0,36
11. »	11 »	19,5	86,51	81,96					
					}	1,60	4,57	0,12	0,34
12. »	$12^1/_2$ »	19,1	84,91	77,39					

Es werden jetzt beide Zweige am offenen Fenster frei ausgestellt und erst am 19. Juni $6^1/_2$ p. m. wieder in die Absorptionsröhren eingeschlossen.

19. Juni	8 p. m.	19,0°	86,89 C.c.	87,38 C.c.	}	4,84 C.c.	5,58 C.c.	0,26 C.c.	0,30 C.c.
20. »	$2^1/_2$ »	18,4	82,05	81,80					

Die Blätter scheinen ganz frisch zu sein.

Versuch 16.

Am 14. Juni (1880) werden um 9 a. m. in die Röhren I und II je drei frisch abgeschnittene 1—3-jährige Zweigstücke von *Larix europaea*, lauter Kurzzweige tragend, eingeführt. Temperatur während des ersten Versuchstages sehr constant 24,2°, am Morgen des 15. Juni 24,7°, dann allmählich auf 23,8° fallend.

				Kohlensäure in Grammen.			
				I	II	I	II
Von 11	a. m. bis	2	p. m. 14. Juni	0,0162	0,0240	0,0054	0,0080
» 2	p. m. »	7	» 14. »	0,0286	0,0414	0,0057	0,0083
» 7	» »	$11^1/_2$	» 14. »	0,0268	0,0390	0,0059	0,0087

				I	II	I	II
Von	11½ p. m.	bis	8½ a. m.	15. Juni	0,0562	0,0872	0,0062	0,0097
»	8½ a. m.	»	9½ p. m.	15. »	0,0636	0,1020	0,0049	0,0078
»	9½ p. m.	»	1 »	16. »	0,0604	0,0932	0,0039	0,0060
»	1 »	»	6½ »	16. »	0,0196	0,0288	0,0036	0,0052

Nun werden die Zweige II aus der Röhre entfernt und unter einer Glasglocke ans Licht gestellt, wo sie den ganzen folgenden Tag und die Morgenstunden des 18. Juni mit kohlensäurereicher Luft durch Einblasen mehrmals gespeist verbringen. Unterdessen bleibt I wie füher in der Röhre im Dunkeln eingeschlossen, der Luftstrom wird aber unterbrochen und kohlensäurereiche Luft öfters eingeblasen. Erst um 12¾ M. am 18. Juli wird beiderseits die frühere Versuchsanordnung hergestellt. Temperatur constant 24,2°.

				I	II	I	II
Von	2 p. m.	bis	5 p. m.	18. Juni	0,0106	0,0200	0,0035	0,0067
»	5 »	»	9½ »	18. »	—	0,0266	—	0,0059
»	5 »	»	12 N.	18. »	0,0224	—	0,0032	—
»	9½ »	»	10½ a. m.	19. »	—	0,0646	—	0,0050
»	12 N.	»	10½ »	19. »	0,0328	—	0,0031	—

Versuch 17. (Fig. 5).

Am 29. Juli (1880) werden um 10½ a. m. in die Röhren I und II je drei frisch geschnittene 1—2-jährige Zweigstücke von *Larix europaea*, nur Kurzzweige tragend, eingesperrt. Temperatur 28,6°—29,2°.

					Kohlensäure in Grammen.			
					Absolut.		In 1 Stunde.	
					I	II	I	II
Von	11½ a. m.	bis	2½ p. m.	29. Juli	0,0200	0,0210	0,0067	0,0070
»	2½ p. m.	»	6½ »	29. »	0,0258	0,0268	0,0065	0,0067
»	6½ »	»	12½ N.	29. »	0,0358	0,0372	0,0060	0,0062
»	12½ N.	»	10 a. m.	30. »	0,0528	0,0552	0,0056	0,0058

Nun kommt Röhre I in ein grosses Wasserreservoir eingetaucht ans Licht. Nur zwischen 12 und 2 Uhr wird der Sonnenschein durch Wolken unterbrochen. Die Temperatur des Wassers steigt bis auf 35°. Die Röhre II bleibt im Dunkeln bei der Versuchstemperatur. Beide Röhren werden durch Einathmen mehrmals mit Kohlensäure gespeist. Um 6. p. m. wird der Aspirator wieder in Gang gesetzt.

			I	II	I	II
Von 7	p. m. bis 9	p. m. 30. Juli	0,0192	0,0124	0,0096	0,0062
» 9	» » $11\frac{1}{2}$	» 30. »	0,0232	0,0144	0,0093	0,0057
» $11\frac{1}{2}$	» » 9	a. m. 31. »	0,0741	0,0474	0,0078	0,0050

Jetzt kommt I abermals wie früher ans Licht, während II im Dunkeln verbleibt, beide in kohlensäurereicher Luft. Meistens ununterbrochener Sonnenschein und die Temperatur des äusseren Wassers erhebt sich bei I bis auf 40°. Um $6\frac{3}{4}$ p. m. werden die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

			I	II	I	II
Von $8\frac{1}{2}$	p. m. bis 1	a. m. 1. Aug.	0,0466	0,0220	0,0104	0,0049
» 1	a. m. » $11\frac{1}{4}$	» 1. »	0,0856	0,0468	0,0076	0,0042

Nun wird umgekehrt I im Dunkeln gelassen, während II ans Licht kommt, wobei die Röhren wie früher behandelt werden. Himmel bis 4 p. m. klar, dann wolkig. Das Wasser in II erwärmt sich bis auf 35°. Um $6\frac{1}{2}$ p. m. beginnt die Aspiration wieder.

			I	II	I	II
Von $7\frac{1}{2}$	p. m. bis $12\frac{1}{2}$	N. 1. Aug.	0,0316	0,0338	0,0063	0,0068
» $12\frac{1}{2}$	N. » 11	a. m. 2. »	0,0574	0,0618	0,0055	0,0060

Versuch 18 (Fig. 6.)

Am 4. Juli (1880) werden um 9 a. m. in die Röhren I und II je zwei frisch abgeschnittene und geköpfte Sprosse von *Crataegus*, jeder 5 entwickelte Blätter tragend, eingeführt. Wie oben in Versuch 11 wird auch hier mit Absicht in I ein langsamer ($\frac{1}{2}$ Liter in einer Stunde), in II ein rascherer (6 Liter) Luftstrom unterhalten. Temperatur am ersten Versuchstage 26,6°--27,0°, später dagegen 25,0°—25,2°. Die Kohlensäure wird durch Natronkalk absorbirt.

			Kohlensäure in Grammen.			
			Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
Von 10	a. m. bis $12\frac{1}{2}$	M. 4. Juli	0,0270	0,0312	0,0108	0,0125
» $12\frac{1}{2}$	M. » 3	p. m. 4. »	0,0220	0,0254	0,0088	0,0102
» 3	p. m. » $5\frac{1}{2}$	» 4. »	0,0192	0,0234	0,0077	0,0093
» $5\frac{1}{2}$	» » $7\frac{1}{2}$	» 4. »	0,0140	0,0166	0,0070	0,0083
» $7\frac{1}{2}$	» » 1	a. m. 5. »	0,0362	0,0412	0,0066	0,0075

Die Nacht verbringen die Versuchszweige in ihren Röhren ohne Luftstrom und erst am folgenden Morgen wird derselbe in beiden Apparaten und zwar mit gleicher (unbedeutender) Geschwindigkeit hergestellt. Am 7. Juli kommt um $9\frac{1}{2}$ a. m. die frühere verschie-

dene Geschwindigkeit des Luftstromes wieder zu Stande und es wird an die Bestimmung der nun ausgehauchten Kohlensäure geschritten.

				I	II	I	II
Von	11 a. m.	bis	2 p. m. 7. Juli	0,0070	0,0078	0,0023	0,0026
»	2 p. m.	»	5 » 7. »	0,0068	0,0074	0,0023	0,0025

Nun wird das Spiel der Aspiratoren wieder unterbrochen und in beide Röhren mehrmals kohlensäurereiche Luft eingeathmet. Volle 24 Stunden verbringen die Versuchszweige in dieser Atmosphäre im Dunkeln. Um 5 p. m. des 8. Juli wird während 5 Minuten in beiden Röhren ein sehr rascher Luftstrom unterhalten um die kohlensäurereiche Luft mit reiner zu ersetzen, dann die frühere verschiedene Geschwindigkeit wieder hergestellt und nach weiteren 5 Minuten an die Bestimmung der entwickelten Kohlensäure geschritten.

				I	II	I	II
Von	$5^h 20'$ p. m.	bis	$6^h 20'$ p. m. 8. Juli	—	—	0,0020	0,0036
»	6 20 »	»	8 20 » 8. »	0,0048	0,0046	0,0024	0,0023
»	8 20 »	»	11 40 » 8. »	0,0068	0,0078	0,0020	0,0023
»	11 40 »	»	9 10 a. m. 9. »	0,0164	0,0200	0,0117	0,0020

Jetzt werden die Sprosse I offen im Zimmer ans Licht gestellt, während II unter einem undurchsichtigen Recipienten in Gegenwart von Kalilösung verweilen. Als am 14. Juli um 2 p. m. die Versuchszweige wieder in die Röhren eingeführt wurden lieferten sie an Kohlensäure

Von	3 p. m.	bis	6 p. m. 14. Juli	0,0172	0,0060	0,0057	0,0020

Noch schöner als in Versuch 11 (s. oben) tritt hier die Unabhängigkeit der Athmungscurve von der Geschwindigkeit des Luftstroms auf. Wie aus der Figur ersichtlich ist, fallen beide Curven, sobald sie auf denselben Maassstab zurückgeführt werden, durchaus mit einander zusammen.

Die fünf eben angeführten Versuche, welche für zwei so verschieden organisirte Pflanzen wie *Crataegus* und *Larix* durchaus übereinstimmende Resultate liefern, zeigen zur Genüge, dass ein Verweilen in kohlensäurereicher Luft (wenigstens wenn der Gehalt derselben an Kohlensäure nicht circa 7% übersteigt, wie es für die Expirationsluft der Fall ist) im Dunkeln keineswegs, wie Rischawi will, eine Steigerung der Athmungsintensität zur Folge hat, wie sie bei Einwirkung des Lichtes sogar in einer viel reineren Luft regelmässig eintritt. Offenbar kommt es nicht auf die Kohlensäure als solche an, sondern nur auf ihre Zerlegung im Lichte. Es kommt zwar vor, dass die belichtete und die verdunkelte Pflanze sich wirklich gleich verhalten, aber nur wenn aus irgend welchen Gründen auch das Licht keine Erhöhung der Athmungsintensität verursacht. Als Beispiel diene

Versuch 19.

Am 27. Mai (1879) wird um 3 p. m. in die Absorptionsröhren I und II je ein Zweiglein von *Crataegus* eingeführt, das noch am 21. Mai von der Pflanze abgetrennt und seitdem im Dunkeln aufbewahrt wurde. Die Blätter fangen schon an an ihren Rändern braun zu werden.

		Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II	I	II
27. Mai	5 p. m. 18,4°	82,95 C.c.	84,35 C.c.	2,25 C.c.	2,76 C.c.	0,32 C.c.	0,39 C.c.
27. »	12 N. 18,3	80,70	81,59				
				2,32	2,64	0,26	0,29
28. »	9 a. m. 18,0	78,38	78,95				

Um 10 a. m. werden die Versuchszweige in breiteren Glasröhren eingeschlossen und mit Kohlensäure mehrmals durch Einathmen gespeist in einer grossen Wasserschüssel ans Fenster gestellt, wobei I das Licht geniesst, II dagegen verdunkelt bleibt. Himmel bedeckt. Temperatur des Wassers nicht über 25°. Um $11\frac{1}{2}$ p. m. kommt die frühere Versuchsanordnung zu Stande.

		I	II	I	II	I	II
28. Mai	$12\frac{1}{4}$ N. 18,5°	85,00 C.c.	83,52 C.c.	2,03 C.c.	1,83 C.c.	0,22 C.c.	0,20 C.c.
29. »	$9\frac{1}{4}$ a. m. 18,1	82,97	81,69				

Wahrscheinlich war nach wochenlangem Verbleiben im Dunkeln die Assimilationsfähigkeit der Blätter ausserordentlich geschwächt. Auf einen Ueberrest derselben scheint die kleinere Verringerung der Athmungsintensität im belichteten Zweige hinzudeuten.

Es bleibt jetzt nur übrig die Ursache des auffallenden Widerspruchs zwischen den von mir einerseits und Rischawi bei scheinbar gleicher Versuchsanordnung andrerseits erhaltenen Resultaten wenn möglich aufzuklären. So lange dies nicht gelungen ist, bleibt an der Sache doch etwas Dunkeles und, wenn auch unbegründete, Zweifel erregendes haften. Es ist ja keineswegs anzunehmen, dass Herr Rischawi sich einfach getäuscht hätte. Das wäre das Letzte, zu dem man Zuflucht nehmen müsste, wenn im schlimmsten Falle alle anderen Erklärungsweisen durchaus fehlten. Solche Täuschungen kommen wohl hin und wieder vor, aber meistens beruhen irrige Angaben nicht auf ihnen. Ich zweifle daher keinen Augenblick daran, dass Herr Rischawi wirklich im Dunkeln dieselbe Athmungssteigerung wie im Lichte beobachtet hat. Woher diese Differenz? Da, wie oben bemerkt, alle näheren Angaben über die Versuchsbedingungen bei Rischawi fehlen, so bin ich freilich auf blosse Vermuthungen verwiesen, dieselben werden aber, wie ich hoffe, für den Leser durch die weiter angeführten Experimente einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass neben der nunmehr, wie ich glaube,

zur Genüge festgestellten Steigerung der Athmungsintensität durch Assimilation, auch eine einfach physikalische Absorption von Kohlensäure seitens eines in kohlensäurereicher Luft verweilenden Pflanzentheils jedenfalls anzunehmen ist. Dass mir dieselbe schon zur Zeit meiner ersten Versuche nicht unbekannt sein konnte, erhellt zur Genüge daraus, dass ich selbst in einer früheren Arbeit[1]) eine solche Kohlensäureaufspeicherung an keimenden Samen durch direkte Versuche festgestellt habe. Ich stellte zwei graduirte Absorptionsröhren, von denen jede einen keimenden Samen (Phaseolus multiflorus) enthielt, nebeneinander, sperrte die Luft mit Quecksilber ab, und führte in die eine der Absorptionsröhren gleich bei Beginn des Versuchs Kalilösung ein. Dann blieben die Röhren während mehrerer Stunden im Dunkeln stehen. Bei dieser Versuchsanordnung verweilte also der eine Keimling in einer kohlensäurefreien Atmosphäre, der andere dagegen in einer Luft die durch seine Athmung an Kohlensäure immer reicher wurde. Als ich nun die Luft in beiden Röhren rasch erneuerte und wieder mit Quecksilber absperrte, so trat in der ersten Röhre eine Volumverminderung, in der zweiten eine Volumvergrösserung ein. Es diffundirte offenbar die vorher im Samengewebe festgehaltene Kohlensäure jetzt in die umgebende Luft. Solche Versuche zeigten mir aber auch, wie rasch die physikalisch absorbirte Kohlensäure in reiner Luft wieder ausgeschieden wird. Die eben erwähnte Volumvergrösserung ist nur während der ersten Stunde, meistens sogar der ersten Halbstunde nach der Erfrischung der abgesperrten Luft zu beobachten. Eben desshalb liess ich sowohl bei meinen früheren, als auch bei den späteren Versuchen, wie aus ihrer Beschreibung sich ergiebt, nach dem Verweilen der Versuchszweige in kohlensäurereicher Luft und der Wiederherstellung der primitiven Versuchsanordnung zunächst 1—2 Stunden verstreichen, ehe ich an die neuen Bestimmungen der entwickelten Kohlensäure schritt; während dieser Zeit musste, nach Analogie mit den früher an keimenden Samen angestellten Versuchen zu schliessen, die physikalisch aus kohlensäurereicher Luft absorbirte Kohlensäure wieder ausgehaucht werden. Es ist daher zu beachten dass die oben angeführten Versuche, in denen ein mehrstündiges Verweilen in kohlensäurereicher Luft im Dunkeln ohne jede Wirkung auf die später in reiner Luft entwickelten Kohlensäuremengen zu sein scheint, keineswegs die Möglichkeit einer physikalischen Absorption von Kohlensäure überhaupt ausschliessen; nur gegen eine dauernde Einwirkung derselben sprechen sie ganz entschieden. Schon im Versuch 18 ist eine rasch vorübergehende Steigerung der ausgehauchten Kohlensäuremenge nach einer Dunkelperiode zu beobachten. Ganz unzweideutig tritt aber dieselbe erst in den folgenden Versuchen auf, in denen mit Absicht eine an Kohlensäure procentisch viel reichere Luft angewandt wurde.

Versuch 20.

Am 30. Mai (1879) wurde um 5 p. m. in zwei graduirte Absorptionsröhren je ein frisch abgeschnittenes Sprossende von *Crataegus* eingeschlossen, die Luft mit Quecksilber

1) J. Borodin. Sur la respiration des plantes pendant leur germination. Actes du Congrès Bot. Internat. de Florence 1875.

abgesperrt und dann Kohlensäure eingeführt. Das Volumen der Luft war vor der Beschickung mit Kohlensäure in I — 70,2 C. c., in II — 71,6 C. c., nach derselben in I — 83;5 C. c., in II — 88,3 C. c. Die Luft enthielt daher in I — 16%, in II — fast 19% Kohlensäure. Jetzt wurde I ins Dunkel gestellt, II kam dagegen ans Licht, wo sie bis zum folgenden Abend verblieben. Um 8 p. m. wurde die Luft in beiden Röhren rasch erneuert, mit Quecksilber abgesperrt, beide Apparate in dasselbe Gefäss mit Wasser versenkt und nun die Veränderungen der Luftvolumina cathetometrisch beobachtet.

		Normalvolumina.		Volumenänderung. Partiell.		Total.	
		I	II	I	II	I	II
31. Mai	$8^h10'$ p. m. 19,2°	78,30 C.c.	77,78 C.c.				
				+0,10	0,00	+0,10	0,00
31. »	8 20 » 19,2	78,40	77,78				
				+0,10	—0,05	+0,20	—0,05
31. »	9 5 » 19,2	78,50	77,73				
				—0,11	—0,18	+0,09	—0,23
31. »	11 45 » 19,1	78,39	77,55				
				—0,58	—0,34	—0,49	—0,57
1. Juni	10 a. m. 18,6	77,81	77,21				

Versuch 21.

Am 2. Juni (1879) wird um $9^3/_4$ a. m. in zwei Absorptionsröhren je ein frisches Sprossende von *Crataegus* eingeschlossen und die Luft mit Quecksilber abgesperrt, ohne weder Alkali, noch Wasser einzuführen.

		Normalvolumina.		Volumenänderung.	
		I	II	I	II
2. Juni	10 a. m. 17,2°	82,60 C.c.	83,76 C.c.		
				+0,03 C. c.	+0,03 C. c.
2. »	$11^1/_4$ » 17,1	82,63	83,79		
				—0,10	—0,11
2. »	$7^3/_4$ p. m. 16,8	82,53	83,68		

Natronlauge eingeführt.

		Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II
2. Juni	$10^1/_4$ p. m. 16,7°	73,37 C.c.	75,70 C.c.		
				5,47 C.c.	5,24 C.c. 0,45 C.c. 0,44 C.c.
3. »	$10^1/_4$ a. m. 16,3	67,90	70,46		

Um 11 a. m. wird in die Röhre I eine an Kohlensäure sehr reiche (circa 35% davon enthaltende) Luft eingeführt. In dieser Atmosphäre verbleibt der Versuchszweig im Dunkeln bis 1 p. m. des 4. Juni, wo die Luft rasch mit frischer ersetzt wird. Unterdessen verweilte der Spross II offen am Fenster und kam erst gegen 1 p. m. des 4. Juni wieder in die graduirte Röhre.

				Volumenänderung. Partiell.		Total.	
	I	II		I	II	I	II
4. Juni $12^h52'$ M.	16,7°	83,60 C.c.	85,88 C.c.				
				+0,21	0,00	+0,21	0,00
4. » 1 p. m.	16,7	83,81	85,88				
				+0,21	—0,02	+0,42	—0,02
4. » $1^3/_4$ »	16,7	84,02	85,86				
				+0,06	+0,01	+0,48	—0,01
4. » $4^1/_2$ »	16,8	84,08	85,87				
				—0,21	—0,14	+0,27	—0,15
4. » $11^1/_2$ »	16,8	83,87	85,73				

Diese zwei Versuche zeigen deutlich, dass sich *Crataegus*-Sprosse gegenüber der Kohlensäure ganz ebenso verhalten, wie es die Phaseolus-Keimlinge in meinen oben erwähnten früheren Experimenten thaten. Haben sie einige Zeit in kohlensäurereicher Luft im Dunkeln verbracht und wird dann die Luft rasch mit frischer ersetzt, so sieht man sogleich die physikalisch absorbirte Kohlensäure aus dem Gewebe in die reine Luft diffundiren, wodurch das Luftvolumen einen kleinen unter anderen Umständen nicht auftretenden und rasch vorübergehenden Zuwachs erhält.

Versuch 22. (Fig. 7.)

Am 20. September (1879) wurde um $2^1/_2$ p. m. in zwei graduirte Röhren je ein frisch abgeschnittenes Blattstück von *Iris. sp.?* eingeschlossen und nach der Absperrung mit Quecksilber Natronlauge eingeführt.

				Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II		I	II	I	II
20. Sept. $2^3/_4$ p. m.	15,2°	88,24 C.c.	88,05 C.c.				
				0,47 C.c.	0,30 C.c.	0,23 C.c.	0,15 C.c.
20. » $4^3/_4$ »	15,5	87,77	87,75				
				0,29	0,31	0,10	0,10
20. » $7^3/_4$ »	15,4	87,48	87,44				
				0,95	0,99	0,08	0,08
21. » $7^3/_4$ a. m.	14,6	86,53	86,45				

Jetzt wird in beide Röhren frische Luft, eine dünne Wasserschicht und dann Kohlensäure eingeführt. Die Luftvolumina betrugen vor Einführung der Kohlensäure 69,80 resp. 72,14 C. c., nach derselben 87,00 resp. 89,05 C. c., woraus sich für die Luft der Röhre I ein Gehalt von 20%, für II von 19% Kohlensäure ergiebt. Nun kommt I ins Dunkel, II dagegen ans Licht. Am folgenden Tage war um 5 p. m. in II das dem Blattstück zu Gebote stehende Wasser im Probirröhrchen verbraucht; es wurde daher in die Röhre Natronlauge eingeführt, wobei sich zeigte, dass keine Kohlensäure mehr im Apparate vorhanden war; die Assimilation war somit unzweifelhaft constatirt. Dann wurde das Blattstück herausge-

zogen, sein unterer Querschnittt erfrischt und das Wasser erneuert, abermals eingeschoben, ans Licht gestellt und nun mehrmals durch Einathmen mit Kohlensäure versorgt. Erst am 25. September wurde um $3^h20'$ p. m. die Luft in beiden Apparaten mit reiner ersetzt, ohne die Blätter aus den Röhren zu entfernen, und Natronlauge eingeführt.

					Volumenabnahme.			
					Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II	I	II
25. Sept.	$3^h40'$ p. m.	15,0°	85,00 C.c.	85,80 C.c.	0,97 C.c.	0,22 C.c.	0,97 C.c.	0,22 C.c.
25. »	4 40 »	15,0	84,03	85,58				
					1,41	3,38	0,08	0,21
26. »	9 a. m.	13,9	82,62	82,20				
					0,05	0,21	0,04	0,17
26. »	$10^1/_4$ »	13,9	82,57	81,99				

Nun wird in die Röhre I frische Luft, etwas Wasser und dann Kohlensäure eingeführt und der Apparat ans Licht gestellt. Das Gasvolumen war vor der Einführung von Kohlensäure 69,14 C. c., nach derselben 86,79 C. c. gleich. Die Röhre enthielt somit 17,65 C. c. oder 20% Kohlensäure. Am folgenden Tage wurde um 11 a. m. das Normalvolum der Luft abermals bestimmt und 87,04 C. c. gleich gefunden; nach Einführung von Kalilauge zeigte es sich um 2 p. m. bis auf 77,88 C. c. verringert. Es waren also nur 9,16 C. c. Kohlensäure vorhanden, die übrigen 8,49 C. c. waren durch das Blatt am Lichte zerlegt. Offenbar hatte das fünftägige Verweilen in einer mehr als 20% Kohlensäure enthaltenden Luft im Dunkeln die Assimilationsfähigkeit des Blattes nicht unterdrückt.

Dieser in hohem Grade instruktive Versuch zeigt uns klar wie verschieden die Wirkung des Kohlensäurereichthums der die Pflanze umgebenden Luft im Dunkeln und im Lichte ist. Im Dunkeln sehen wir zwar eine enorme aber rasch vorübergehende und daher in allen Versuchen, wo man die ersten 1—2 Stunden nach der Erfrischung der Luft verstreichen lässt, ganz übersehbare Steigerung der ausgehauchten Kohlensäuremengen auftreten; im Lichte dagegen ist eine weniger bedeutende, aber viel dauerhaftere, auch nach längerer Zeit leicht zu constatirende Steigerung der Athmungsintensität zu beobachten. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wenn die dritte Ablesung (26. Sept. 9 a. m.) viel früher vorgenommen wäre, die Kurve einen noch viel steileren Abfall zeigen würde.

Versuch 23. (Fig. 8.)

Am 9. September (1879) wurde um $10^h50'$ a. m. in die graduirten Röhren I und II je ein junger unter Wasser frisch abgeschnittener aus einigen Blättern verschiedenen Alters bestehender Tazetten-Spross eingesperrt und Natronlauge eingeführt.

			Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II	I	II
9. Sept.	$11^{h}10'$	a. m.	15,6°	84,96 C.c.	84,63 C.c.	0,26 C.c.	0,33 C.c.	0,13 C.c.	0,17 C.c.
9. »	1 10	p. m.	15,6	84,70	84,30	0,71	0,93	0,16	0,21
9. »	5 40	»	15,5	83,99	83,37	0,47	0,66	0,16	0,22
9. »	8 40	»	15,5	83,52	82,71				

Gegen 9 p. m. wird in die Röhre I eine grosse, aber nicht näher bestimmte Kohlensäuremenge eingeführt, während in II kohlensäurehaltige Luft einfach eingeathmet wird. Beide werden mit Quecksilber abgesperrt und mit einer dünnen Wasserschicht versehen im Dunkeln bei derselben Temperatur sich selbst überlassen. Am folgenden Tage überzeugte ich mich durch Einführung von Natronlauge (um $12^{3}/_{4}$ M.), dass in I der Kohlensäuregehalt wirklich viel grösser als in II war. Um 2 p. m. wurde in beiden Röhren die Luft erfrischt und Natronlauge eingeführt.

			I	II	I	II	I	II
10. Sept.	$2^{h}40'$	p. m.	15,6°	86,27 C.c.	86,30 C.c.	0,54 C.c.	0,60 C.c.	0,18 C.c.	0,20 C.c.
10. »	5 40	»	15,6	85,73	85,70	0,77	0,90	0,12	0,14
10. »	12 10	N.	15,6	84,96	84,80	0,97	1,13	0,10	0,12
11. »	9 40	a. m.	15,4	83,99	83,67				

Um 12 M. wird abermals in I viel, in II wenig Kohlensäure eingeführt und wie oben behandelt. Am 12. Sept. findet um 11 a. m. eine Erfrischung der Luft und Einführung von Natronlauge statt.

12. Sept.	$11^{1}/_{2}$	a. m.	15,1°	82,87 C.c.	85,00 C.c.	0,53 C.c.	0,65 C.c.	0,35 C.c.	0,43 C.c.
12. »	1	p. m.	15,3	82,34	84,35	0,42	0,27	0,21	0,14
12. »	3	»	15,6	81,92	84,08	0,47	0,32	0,16	0,11
12. »	6	»	15,8	81,45	83,76	0,41	0,33	0,14	0,11
12. »	9	»	15,8	81,04	83,43	0,36	0,30	0,12	0,10
12. »	12	N.	15,8	80,68	83,13	0,93	0,88	0,10	0,09
13. »	$9^{1}/_{2}$	a. m.	15,3	79,75	82,25	0,22	0,18	0,07	0,06
13. »	$12^{1}/_{2}$	M.	15,6	79,53	82,07				

Es werden jetzt die Sprosse zum Zwecke der Volumbestimmung rasch in Wasser untertaucht, dann sogleich abgetrocknet und wieder in die Röhren eingeschoben. Um 1 p. m. wird die Luft mit Quecksilber abgesperrt und Natronlauge eingeführt.

13. Sept.	$2^h10'$ p. m.	15,8°	85,46 C.c.	84,33 C.c.	0,50 C.c.	0,49 C.c.	0,10 C.c.	0,10 C.c.
13. »	7 10 »	15,9	84,96	83,84				
					0,40	0,42	0,09	0,09
13. »	12 10 N.	15,8	84,56	83,42				
					0,65	0,70	0,07	0,07
14. »	9 40 a. m.	15,5	83,91	82,72				

Am 14. Sept. wird um 1 p. m. in die Röhre I kohlensäurehaltige Luft eingeathmet und abgesperrt, während in II fast reine Kohlensäure eingeführt und ebenfalls abgesperrt wird. Beide Apparate verbleiben wie früher im Dunkeln und erst am folgenden Tage findet um $10^h50'$ a. m. eine Erfrischung ihrer Luft und Einführung von Natronlauge statt.

15. Sept.	$11^h20'$ a. m.	15,6°	84,87 C.c.	85,40 C.c.	0,48 C.c.	1,17 C.c.	0,48 C.c.	1,17 C.c.
15. »	12 20 M.	15,7	84,39	84,23				
					0,25	0,97	0,10	0,39
15. »	2 50 p. m.	16,0	84,14	83,26				
					0,14	0,46	0,07	0,23
15. »	4 50 »	16,2	84,00	82,80				
					0,12	0,32	0,07	0,13
15. »	6 30 »	16,2	83,88	82,48				

Da ich den Versuch zu schliessen gedachte, wurden die Apparate aus dem Wasserreservoir entfernt und in II schon sogar etwas Luft eingehaucht, als ich mich entschloss die Ablesungen noch weiter fortzusetzen. Die Nacht verbrachten beide Röhren im Zimmer, wie früher verdunkelt, und am folgenden Morgen kam um 11 a. m. ihr Untertauchen ins Wasser zu Stande.

16. Sept.	$11^h30'$ a. m.	15,3°	82,98 C.c.	82,09 C.c.	0,30 C.c.	0,60 C.c.	0,05 C.c.	0,10 C.c.
16. »	5 30 p. m.	15,6	82,68	81,49				

Bis zum 18. Sept. fand keine Ablesung statt und erst an diesem Tage wurde um $12\frac{1}{2}$ M. in beide Apparate frische Luft sammt Natronlauge eingeführt.

18. Sept.	1 p. m.	15,2°	84,10 C.c.	84,59 C.c.	0,38 C.c.	0,49 C.c.	0,05 C.c.	0,06 C.c.
18. »	9 »	15,1	83,72	84,10				
					0,52	0,65	0,05	0,06
19. »	$7\frac{1}{2}$ a. m.	14,7	83,20	83,45				

Obgleich der Versuch schon volle zehn Tage dauert sehen die Blätter immer noch ganz frisch aus.

Am 19. Sept. wird um 11 a. m. in I eine begrenzte Kohlensäuremenge, in II dagegen, um 2 p. m. reine Kohlensäure eingeführt und in beiden Fällen mit Quecksilber ohne Wasserschicht abgesperrt. Auf diese Weise konnte die physikalische Absorption von Kohlensäure durch den in der Röhre eingeschlossenen Pflanzentheil an der nun eintretenden Verringerung des Gasvolumens direkt beobachtet werden. Das Volum der Luft in I war vor der Einführung von Kohlensäure 68,10 C. c., nach derselben 81,30 C. c. gleich, was einen Gehalt von 16% Kohlensäure ergiebt.

			Normalvolumina.			Volumänderung. Absolut.		Auf 1 Stunde berechnet.	
			I	II		I	II	I	II
19. Sept.	11h 20′ a. m.	14,6°	81,30 C.c.	—	C.c.				
						—0,68	—	—0,34	—
19. »	1 20 p. m.	14,7	80,62	—					
						—0,11	—1,21	—0,11	—4,84
19. »	2 5 »	14,7	—	82,25					
						—0,08	—1,76	—0,04	—0,88
19. »	2 20 »	14,7	80,51	81,04					
						—0,08	—0,11	—0,02	—0,03
19. »	4 20 »	14,7	80,43	79,28					
						—0,04	+0,19	—0,01	+0,06
19. »	8 20 »	14,7	80,35	79,17					
						—0,08	+0,67	—0,01	+0,08
19. »	11 20 »	14,7	80,31	79,36					
20. »	8 20 a. m.	14,4	80,23	80,03					

Die Absorption von Kohlensäure springt in die Augen. In reiner Kohlensäure werden volle drei C. c. davon verschluckt, ja eigentlich noch mehr, wenn man bedenkt, dass so rasch auch die erste Ablesung vorgenommen wird, doch einige Minuten gleich nach der Kohlensäurebeschickung verstreichen ohne in Betracht zu kommen; die Absorption ist aber eben in den ersten Minuten besonders ausgiebig. Andrerseits sehen wir aber auch wie rasch diese Absorption zu Stande kommt; schon nach zwei Stunden ist die Sättigung des Gewebes mit Kohlensäure so gut wie vollendet, und wenn wir auf Grund der auf eine Stunde berechneten Data die Absorptionscurve construiren wollten, so würde dieselbe einen überaus steilen Abfall zeigen. In reiner Kohlensäure tritt nach wenigen Stunden anstatt einer Volumverminderung eine langsame Volumvergrösserung auf, was leicht verständlich ist, da bei Abwesenheit von Sauerstoff Kohlensäure durch intramoleculare Athmung gebildet wird; so lange die viel mächtigere physikalische Absorption von Kohlensäure dauert, kann dieses kleine Plus nicht beobachtet werden, da es von dem grossen Minus verdeckt wird.

Ein Blick auf die betreffende Figur zeigt sogleich wie überaus steil die Aushauchungscurve absorbirter Kohlensäure fällt. Dabei tritt aber ein bemerkenswerther Unterschied

zwischen der Wirkung mässiger und viel grösserer, schädlich wirkender Kohlensäuremengen auf. Während in ersterem Falle alle Folgen des Verweilens in kohlensäurehaltiger Luft nach wenigen Stunden spurlos verschwunden sind und die Athmung ihren früheren Gang ungestört beibehält, verhält es sich bei grösserem Kohlensäurereichthum nicht mehr so. Zwar sehen wir auch hier die Kurve rasch fallen, sie sinkt aber nicht mehr bis zur ursprünglichen Tiefe herab; die Blätter II liefern, nachdem sie in fast reiner Kohlensäure verweilten, am 15. und 16. September beträchtlich mehr Kohlensäure als früher. Die Hartnäckigkeit mit der diese Steigerung dauert lässt vermuthen, dass es sich hier nicht mehr um absorbirte Kohlensäure[1]), sondern um eine wirkliche Steigerung der Athmungsintensität handelt, die durch Verweilen in schädlicher Luft verursacht ist. Wollte man dagegen einwenden, es bringe ja der Tod keine Steigerung sondern im Gegentheil eine starke Verminderung des Sauerstoffverbrauchs und Kohlensäurebildung mit sich, wie aus den übereinstimmenden Angaben von Garreau und Wolkoff und Mayer ersichtlich ist, so möchte ich bemerken, dass dieser Punkt, wie so viele andere, noch bei Weitem nicht genügend aufgeklärt erscheint. Es wäre möglich dass die Art der Lebensvernichtung dabei nicht gleichgiltig sei. Wenigstens habe ich an einem durch Kohlensäure getödteten (gebräunten) *Crataegus*-Sprosse eine enorme Steigerung des Sauerstoffverbrauchs beobachtet.

Wie dem nun auch sei, Rischawi's Angabe ist nach den eben angeführten Experimenten leicht erklärlich. Wahrscheinlich hat er grössere Kohlensäuremengen angewendet und seine Beobachtung auf die ersten Stunden (die ich mit Absicht verstreichen liess) nach der Lufterfrischung beschränkt. Hätte er den Versuch fortgesetzt, so würde ihm schon die erste folgende Zahl den grossen Unterschied zwischen der ephemeren durch Absorption von Kohlensäure im Dunkeln verursachten und der dauernden Steigerung der Athmungsintensität bei Einwirkung des Lichtes klar machen.

Obgleich es der uns hier beschäftigenden und nunmehr, wie ich hoffe, erledigten Frage etwas fern liegt, erlaube ich mir anhangsweise noch einige Experimente die physikalische Absorption der Kohlensäure seitens des Pflanzengewebes betreffend anzuführen. Diese Erscheinung verdient wohl näher untersucht zu werden. Gewöhnlich stellt man sich vor, es werde die Kohlensäure, da sie im Wasser verhältnissmässig so leicht löslich ist, vom Pflanzensafte absorbirt. An saftigen Pflanzentheilen ist sie, bekanntlich, schon von Saussure festgestellt worden. Nun habe ich aber gefunden, dass sogar lufttrockene Pflanzentheile, z. B. Samen, im Stande sind beträchtliche Kohlensäuremengen zu absorbiren und dann in kohlensäurearmer Luft wieder auszuhauchen. Zum Belege führe ich folgende Experimente an.

---

1) Vergl. übrigens die weiter anhangsweise angeführten mit trockenen Samen in reiner Kohlensäure angestellten Versuche.

Versuch 24. (Fig. 9.)

Am 2. Januar (1880) werden in eine graduirte Röhre 15 lufttrockene Samen von *Vicia Faba*, die zusammen ein Volumen von 17 C. c. repräsentiren und durch ein 1 C. c. messendes Korkstückchen im oberen Röhrentheile festgehalten werden, eingeführt, dann die Luft durch einen raschen 8 Minuten dauernden Strom von Kohlensäure verdrängt und die reine Kohlensäureatmosphäre rasch mit Quecksilber ohne Wasserschicht eingesperrt.

				Volumenabnahme.	
		Normalvolum.	Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
2. Januar	$12^{3}/_{4}$ M.	9,0°	70,44 C. c.	0,54 C. c.	1,08 C. c.
2. »	$1^{1}/_{4}$ p. m.	—	69,90	0,30	0,60
2. »	$1^{3}/_{4}$ »	9,1	69,60	0,20	0,40
2. »	$2^{1}/_{4}$ »	9,1	69,40	0,15	0,30
2. »	$2^{3}/_{4}$ »	9,1	69,25	0,65	0,10
2. »	9 »	—	68,60	0,48	0,04
3. »	$9^{1}/_{2}$ a. m.	9,0	68,12	0,74	0,03
4. »	10 »	—	67,38		

Es haben somit die Samen mehr als 3 C. c. Kohlensäure verschluckt, eigentlich bedeutend mehr, wenn man bedenkt, dass bei solcher Versuchsanstellung vor der ersten Volumenmessung einige Zeit, in der die Absorption besonders energisch stattfindet, verstreicht ohne in Betracht zu kommen.

Versuch 25 (Fig. 10 und 11).

Am 6. Januar (1880) werden um 12 U. M. in eine Absorptionsröhre 15 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus* wie früher in reiner Kohlensäure eingesperrt. Das Volum der Samen beträgt 17,5 C. c. Um $12^{h}8'$ ergab eine ungefähre Bestimmung des Gasvolumens — 69,5 C. c.; genau konnte letzteres nicht festgestellt werden, da das Quecksilber in raschem Steigen begriffen war.

			Normalvolum.		Volumenabnahme. Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
6. Januar	$12^h8'$	M.	7,8°	69,50 C. c.		
					2,23 C. c.	2,55 C. c.
6. »	1	p. m.	7,8	67,27		
					1,42	1,42
6. »	2	»	7,8	65,85		
					1,72	0,86
6. »	4	»	7,8	64,13		
					1,45	0,38
6. »	8	»	7,8	62,68		
					0,92	0,06
7. »	12	M.	7,7	61,76		
					0,28	0,01
8. »	$12^1/_2$	M.	7,2	61,48		
					0,32	0,01
9. »	10	a. m.	6,2	61,16		

Die Samen verweilen in der Kohlensäureatmosphäre bis zum 13. Januar, wo um $12^1/_2$ U. M. letztere rasch durch frische Luft ersetzt und die nun eintretende auf der Aushauchung der verschluckten Kohlensäure beruhende Volumenzunahme beobachtet wird.

			Normalvolum.		Volumenzunahme. Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
13. Januar	$12^h36'$	M.	6,6°	61,40 C. c.		
					1,48 C. c.	1,64 C. c.
13. »	$1^1/_2$	p. m.	6,6	62,88		
					0,52	1,04
13. »	2	»	6,7	63,40		
					1,75	0,58
13. »	5	»	6,8	65,15		
					0,75	0,25
13. »	8	»	6,8	65,90		
					0,38	0,12
13. »	$11^1/_4$	»	6,6	66,28		
					0,33	0,03
14. »	9	a. m.	5,9	66,61		
					0,18	0,02
14. »	$6^1/_2$	p. m.	6,5	66,79		
					0,11	0,01
15. »	$1^1/_2$	»	7,0	66,90		

Wir sehen somit die lufttrockenen *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 8,5 C. c., also fast die Hälfte ihres eigenen Volumens, Kohlensäure verschlucken und dann circa 5,5 C. c. davon wieder aushauchen. Wenn auch die Unsicherheit dieser Zahlen eine direkte Vergleichung derselben erschwert, so ist es leicht einzusehen, warum die zweite bedeutend klei-

ner als die erste erscheint. Die Kohlensäureaufspeicherung findet in einer Atmosphäre statt, die ihre Zusammensetzung (reine Kohlensäure) während des Versuchs nicht ändert, nur der Druck wird allmälig geringer wegen des Ansteigens von Quecksilber in der Absorptionsröhre. Die Kohlensäureaushauchung dagegen erfolgt bei unserer Versuchsanstellung in einer Luft die an Kohlensäure immer reicher und reicher wird, was die weitere Aushauchung mehr und mehr hemmen und endlich zum Stillstande bringen muss, da sich das Gleichgewicht zwischen äusserer und innerer Kohlensäure einstellt. Die Richtigkeit dieser Deutung erhellt zur Genüge aus den weiter folgenden Versuchen. Es zeigt sich, wie zu erwarten war, dass sobald die Kohlensäureaushauchung sich sehr verlangsamt hat, eine nochmalige Erfrischung der Luft dieselbe wieder steigert. Ein Blick auf die betreffenden Figuren lehrt uns, dass die Processe des Einsaugens (Fig. 10) und der Aushauchung (Fig. 11) der Kohlensäure auf eine durchaus identische Weise verlaufen: beide Kurven zeigen denselben raschen Abfall.

Der nun folgende Versuch soll noch zeigen, dass die rasche Volumenverringerung resp. Volumenzunahme die in Kohlensäure resp. in frischer Luft beobachtet wird, keineswegs etwa einer Temperaturausgleichung bei Versenkung des Apparates in das Wasserreservoir zugeschrieben werden kann.

Versuch 26.

Am 15. Januar (1880) werden um $6^h15'$ p. m. in zwei Absorptionsröhren je 15 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus*, 20,16 Gr. resp. 19,67 Gr. wiegend, eingeführt. Das Volumen erwies sich später als etwa 19 C. c. gleich. In der Röhre I wird Luft, in II dagegen reine Kohlensäure eingesperrt und beide Apparate gleichzeitig unter Wasser gebracht. Nach 5 Minuten ergab eine ungefähre Schätzung des Gasvolumens in der Röhre II etwa 66,5 C. c.

				Normalvolumina.		Volumenabnahme.	
						Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
				I	II	II	II
15. Januar	$6^h30'$	p. m.	7,4°	68,91 C. c.	64,90 C. c.	3,23 C. c.	2,18 C. c.
15. »	7 55	»	7,6	68,74	61,67	2,05	1,02
15. »	9 55	»	7,9	68,78	59,62	0,62	0,62
15. »	10 55	»	7,9	68,80	59,00	1,94	0,16
16. »	8 55	a. m.	8,2	68,83	57,06	0,10	0,02
16. »	1 20	p. m.	8,5	68,80	56,96		

Es wird nun in die Röhre II noch Kohlensäure eingeführt.

16. Januar	2	p. m.	8,5°	—	C. c. 72,42 C. c.	0,75 C. c.	0,09 C. c.
16. »	$10^1/_2$	»	8,7	68,75	71,67	0,07	$0{,}00_5$
17. »	$12^1/_2$	M.	9,2	68,75	71,60		

Somit bleibt das Luftvolumen in der Röhre I constant (die kleine durch Temperaturausgleichung hervorgerufene anfänglich auftretende Verringerung ausgenommen) während dasjenige der Kohlensäure in II, wie früher, stark abnimmt. Am 17. Januar wird um $1^h7'$ p. m. in № II die Kohlensäure rasch durch frische Luft ersetzt. In den ersten Minuten kommt durch Temperaturausgleichung ein rasch vorübergehendes Ansteigen des Quecksilbers in der Röhre zu Stande.

				Normalvolumina.		Volumenzunahme. Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
				I	II	II	II
17. Januar	$1^h10'$	p. m.	9,4°	—	C. c. 63,45 C. c.	1,32 C. c.	2,64 C. c.
17. »	1 40	»	9,5	—	64,77	0,88	1,76
17. »	2 10	»	9,6	—	65,65	0,65	1,30
17. »	2 40	»	9,7	—	66,30	0,93	0,93
17. »	3 40	»	9,8	—	67,23	2,36	0,13
18. »	10	a. m.	9,5	68,74	69,59	0,19	0,01
19. »	2	p. m.	10,4	68,75	69,78	0,18	0,01
20. »	$1^1/_4$	»	11,3	68,81	69,96		

Um $1^1/_2$ p. m. wird in beiden Röhren die Luft erfrischt und zunächst nur der Stand des Quecksilbers am Kathetometer beobachtet. Uon $1^h40'$ bis $1^h50'$ p. m. fällt er in I um 0,14 Mm., steigt dagegen in II um 0,3 Mm.

20. Januar	2	p. m.	11,4°	65,45 C. c.	65,11 C. c.	0,37 C. c.	0,44 C. c.
20. »	$2^h50'$	»	11,4	65,44	65,48	0,96	0,05
21. »	10	a. m.	11,5	65,48	66,44		

Wir sehen in diesem Versuche 19 C. c. lufttrockener *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 10,4 C. c., somit mehr als die Hälfte ihres eigenen Volumens, reiner Kohlensäure absorbiren und dann nach Erfrischung der Atmosphäre 6,5 C. c., später, nach abermaliger Erneuerung der Luft, noch weitere 1,5 C. c., im Ganzen somit nicht weniger als 8 C. c., wieder aushauchen.

Zum Vergleiche will ich noch einen Versuch anführen, der gleichzeitig mit Versuch 25 aber an mit Wasser imbibirten Samen angestellt wurde.

Versuch 27.

Am 6. Januar (1880) werden um 12 M. in eine graduirte Absorptionsöhre 15 eingequollene Samen von *Phaseolus multiflorus*, deren Volumen 29 C. c. gleich ist, eingeführt und mit reiner Kohlensäure versorgt. Um $12^h 7'$ war das Gasvolumen ungefähr 62,6 C. c. gleich. Die erste Zeit wurde nur der Stand des Quecksilbers in der Röhre am Kathetometer gemessen.

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Ansteigen des Quecksilbers. Absolut.	In 1 Minute.
6. Januar	$12^h 7'$	462,66 Mm.		
			2,06 Mm.	0,69 Mm.
6. »	12 10	464,72		
			1,10	0,55
6. »	12 12	465,82		
			2,04	0,68
6. »	12 15	467,86		
			1,34	0,67
6. »	12 17	469,20		
			1,20	0,60
6. »	12 19	470,40		
			1,20	0,60
6. »	12 21	471,60		
			1,14	0,57
6. »	12 23	472,74		
			1,04	0,52
6. »	12 25	473,78		
			0,96	0,48
6. »	12 27	474,74		
			1,78	0,44
6. »	12 31	476,52		
			0,82	0,41
6. »	12 33	477,34		
			0,72	0,36
6. »	12 35	478,06		
			1,58	0,32
6. »	12 40	479,64		
			1,36	0,27
6. »	12 45	481,00		
			1,10	0,22
6. »	12 50	482,10		
			0,90	0,18
6. »	12 55	483,00		

Nun wird an die Volumenbestimmung geschritten.

				Normalvolum.	Volumenänderung. Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
6. Januar	1	p. m.	7,8°	53,22 C. c.		
					−1,56 C. c.	−1,56 C. c.
6. »	2	»	7,8	51,66		
					−0,63	−0,32
6. »	4	»	7,8	51,03		
					−0,43	−0,11
6. »	8	»	7,8	50,60		
					+1,68	+0,10
7. »	12	M.	7,7	52,28		
					+5,52	+0,23
8. »	$12^1/_2$	»	7,2	57,80		
					+5,09	+0,23
9. »	10	a. m.	6,2	62,89		

Am 11. Januar wird um $12^h50'$ M. die Kohlensäure rasch mit frischer Luft ersetzt und die Lage des Quecksilbermeniscus am Katethometer beobachtet.

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Absteigen des Quecksilbers. Absolut.	In 1 Minute.
11. Januar	$12^h55'$	441,36 Mm.		
			1,56 Mm.	0,78
11. »	12 57	439,80		
			0,90	0,90
11. »	12 58	438,90		
			0,90	0,90
11. »	12 59	438,00		
			0,80	0,80
11. »	1 —	437,20		
			1,44	0,72
11. »	1 2	435,76		
			1,30	0,65
11. »	1 4	434,46		
			1,10	0,55
11. »	1 6	433,36		
			0,96	0,48
11. »	1 8	432,40		
			0,80	0,40
11. »	1 10	431,60		
			0,72	0,36
11. »	1 12	430,88		
			0,68	0,34
11. »	1 14	430,20		

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Absteigen des Quecksilbers. Absolut.	In einer Minute.
11. Januar	1ʰ17′	429,62 Mm.		
			0,70 Mm.	0,23 Mm.
11. »	1 20	428,92		
			0,40	0,20
11. »	1 22	428,52		
			0,36	0,18
11. »	1 24	428,16		
			0,44	0,15
11. »	1 27	427,72		
			0,42	0,14
11. »	1 30	427,30		
			0,56	0,11
11. »	1 35	426,74		
			0,62	0,09
11. »	1 42	426,12		

Im Ganzen beträgt diese Zunahme des Gasvolumens etwa 7 C. c. Um 1ʰ50′ wird die Luft rasch mit frischer ersetzt.

11. Januar	1ʰ53′	463,84 Mm.		
			0,44 Mm.	0,44 Mm.
11. »	1 54	463,40		
			0,76	0,38
11. »	1 56	462,64		
			0,68	0,34
11. »	1 58	461,96		
			0,62	0,31
11. »	2 —	461,34		
			1,18	0,23
11. »	2 5	460,16		
			0,88	0,18
11. »	2 10	459,28		
			0,86	0,12
11. »	2 17	458,42		

Von nun an werden Volumenbestimmungen ausgeführt.

			Normalvolum.	Volumenänderung. Absolut.	In 1 Stunde.
11. Januar	2ʰ20′ p. m.	5,9°	60,87 C. c.		
				+0,67 C. c.	1,34 C. c.
11. »	2 50 »	5,9	61,54		
				+0,49	0,32
11. »	4 30 »	6,0	62,03		
				—0,60	—
12. »	1 15 a. m.	6,0	61,43		

Es ist nicht so leicht die in diesem Versuche von den gequollenen Samen absorbirte Kohlensäuremenge genau anzugeben, auch wenn man die vor der ersten Beobachtung verstrichene Zeit unberücksichtigt lässt. Denn während trockene Samen nicht athmen (s. den folgenden Versuch) und die Zusammensetzung der umgebenden Luft nur durch physikalische Diffusionsprocesse, von denen jetzt die Rede ist, verändern, zeigen gequollene Samen ein verwickeltes Verhältniss. In reiner Kohlensäure werden sie nicht nur dieselbe physikalisch einsaugen, und somit das Gasvolumen verringern, sondern noch durch intramoleculare Athmung selbst Kohlensäure liefern, was ein entgegengesetztes Effect hervorbringen muss. Daher sehen wir das Gasvolumen, sobald die Samen mit Kohlensäure nahezu gesättigt sind, eine merkliche, am Ende nahezu constante Zunahme erfahren. Legen wir diese letztere zu Grunde unserer Berechnung, indem wir annehmen, es hätten unsere Samen von Anfang an circa 0,23 C. c. Kohlensäure in der Stunde durch intramoleculare Athmung gebildet, so ergiebt sich, dass vom Mittag 6. Januar bis Mittag 7. Jan., wo die Absorption beendigt zu sein scheint, ungefähr 15,8 C. c. Kohlensäure verschluckt worden sind. Nach Erfrischung der Luft werden wenigstens 11 C. c. davon wieder ausgehaucht. Es fällt in hohem Grade auf, dass das mit Wasser durchtränkte Pflanzengewebe, wenigstens auf die Volumeneinheit bezogen, nicht merklich mehr Kohlensäure absorbirt, als das trockene. Es muss übrigens späteren genaueren Untersuchungen überlassen werden diese Thatsache näher zu begründen, so wie z. B. die etwaige Abhängigkeit der fraglichen Absorptionserscheinungen von Temperatureinflüssen festzustellen. Bei den hier angeführten Experimenten wurden mit Absicht niedrige Temperaturen angewandt.

In allen bisher dargelegten Versuchen ist die Einsaugung resp. Aushauchung von Kohlensäure volumetrisch gemessen worden. In dem nun folgenden Versuche soll die absorbirte Kohlensäure ihrem Gewichte nach bestimmt werden.

Versuch 28.

Am 1. Februar (1880) wurden um 6 p. m. in eine Glasröhre 120, in eine andere 150 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus* eingeführt und bei einer zwischen 12,8° und 13,4° schwankenden Temperatur Luft, wie gewöhnlich, durchgeleitet. Das Gewicht des Kaliapparats hatte im ersten Falle nach 15 Stunden eine Zunahme von 0,0010 Gr., im zweiten nach 42 Stunden eine solche von 0,0018 Gr. erfahren. Aber auch diese an sich ganz unbedeutenden Grössen können nicht einer schwachen Kohlensäureentwickelung zugeschrieben werden, sondern stellen die sogenannte Diffusionsgrösse[1]) des Apparats dar, denn auch bei leeren Versuchen, wo die Versuchsröhre Nichts enthält, wird dieselbe kleine Gewichtszunahme, von einer Diffusion der Kohlensäure und des Wasserdampfes der äusseren

1) Vergl. Laspeyres, l. c.

Luft in die gewogenen Apparate herrührend, beobachtet. Vom 2. bis zum 8. Februar verweilen die Samen in reiner Kohlensäure, am 8. werden sie um $3^1/_2$ p. m. ausgeschüttelt, dann in eine andere mit frischen Gummipfropfen versehene Glasröhre eingeführt und ein Luftstrom von 3 Liter in der Stunde bei einer Temperatur von 8,4°—8,6° eingestellt.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von $3^h40'$ p. m. bis $4^h10'$ p. m. 8. Februar	0,0906	0,1812
» 4 10 » » 4 40 » 8. »	0,0276	0,0552
» 4 40 » » 5 10 » 8. »	0,0190	0,0380
» 5 10 » » 6 10 » 8. »	0,0244	0,0244
» 6 10 » » 7 10 » 8. »	0,0162	0,0162
» 7 10 » » 8 40 » 8. »	0,0170	0,0114
» 8 40 » »11 10 » 8. »	0,0180	0,0070
» 11 10 » » 9 40 a. m. 9. »	0,0256	0,0024
» 9 40 a. m. » 8 40 p. m. 9. »	0,0082	0,0007
» 8 40 p. m. » 8 40 » 10. »	0,0052	0,0002

Prüfen wir jetzt ob nicht auch andere fremde Gasarten von den trockenen Samen absorbirt werden.

Versuch 29.

Es wurden zu diesem Versuche dieselben Samen von *Phaseolus multiflorus* angewandt, mit denen Versuch 26 ausgeführt war. Sie hatten seitdem unter einer Glasglocke über Schwefelsäure verweilt und dabei noch je 0,5 Gramm an Gewicht verloren, so dass jetzt die 15 Samen der Portion I — 19,66 Gr., diejenigen der Portion II — 19,17 Gr. wiegen. Am 9. Februar werden sie um $1^h40'$ p. m. wie früher in die Absorptionsröhren eingeschoben und nun in I Wasserstoff, in II Kohlensäure eingeführt. Während der ersten 13 Minuten steigt das Quecksilber in I nur um 0,74 Mm., in II dagegen um 3,34 Mm. Eine ungefähre Schätzung des Gasvolumens in II ergab um $1^h47'$ — circa 67,3 C. c.

			Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.
			I	II	I	II	II
3. Febr.	2	p. m.	12,5°	68,03 C.c. 65,72 C.c.	0,12 C. c.	2,89 C. c.	2,89 C. c.
3. »	3	»	12,5	67,91 62,83	0,08	2,78	1,39
3. »	5	»	12,6	67,83 60,05	0,06	2,32	0,77
3. »	8	»	12,6	67,77 57,73			

3. Febr.	8 p. m.	12,6	67,77 C.c.	57,73 C.c.			
					0,14	3,94	0,28
4. »	10 a. m.	11,5	67,63	53,79			
					0,09	2,57	0,09
5. »	$1\frac{1}{2}$ p. m.	10,5	67,54	51,22			

Um 2 p. m. wird in beiden Röhren die fremde Gasart mit Luft ersetzt. Während der ersten 5 Minuten sieht man das Quecksilber in I (durch Temperaturausgleichung) zunächst um 0,44 Mm. ansteigen, in II dagegen um 0,50 Mm. sinken.

			Normalvolumina.		Volumenzunahme Absolut.	
			I	II	I	II
5. Febr.	$2\frac{1}{4}$ p. m.	10,9°	65,52 C.c.	63,93 C.c.		
					0,14 C. c.	4,98 C. c.
5. »	$8\frac{3}{4}$ »	10,9	65,66	68,91		
					0,22	2,19
10. »	$12\frac{1}{2}$ M.	8,8	65,88	71,10		

In Wasserstoff tritt somit nur eine ganz unbedeutende Verringerung des Volumens durch trockene Samen ein. Andere Gasarten habe ich bis jetzt nicht geprüft. Vergleicht man diesen Versuch mit Versuch 26, der ja mit denselben Samen angestellt wurde, so sieht man dass eine weitere Verringerung des in lufttrockenen Samen enthaltenen Wassers ihre Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure keineswegs schwächt; eher tritt das Gegentheil auf. Denn in unserem letzt angeführten Versuche verschlucken 19 C. c. Samen nicht weniger als 16 C. c. Kohlensäure, also nahezu ihr eigenes Volumen, mehr als in irgend welchem anderen Versuche. Wenn man dieses Resultat mit demjenigen des Versuchs 27 zusammenstellt, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass es nicht das Wasser, nicht der Saft, sondern die feste Substanz des Samens ist, die die energische Kohlensäureabsorption hervorruft. Dieses Resultat stimmt vollkommen mit Böhm's Angabe überein. «Die Absorption von Kohlensäure durch frische Pflanzentheile», sagt Böhm[1]), «ist nicht ausschliesslich durch den Zellsaft bedingt; es erfolgt dieselbe nämlich auch ähnlich wie bei der Kohle, von Zweigen, welche früher bei 100° C. getrocknet wurden».

Es wurden noch einige andere Samenarten auf ihr Verhalten der Kohlensäure gegenüber untersucht.

Versuch 30.

Am 10. Februar wurden um $1\frac{1}{2}$ p. m. in die Absorptionsröhre I dieselben 15 Samen von *Phaseolus multiflorus* eingeführt, die in dem vorigen Versuche in Wasserstoff verweilt

1) J. Böhm. Ueber die Entwickelung von Sauerstoff aus grünen Zweigen etc. Liebig's Ann. d. Chemie, 1875, Bd. 185, p. 257.

hatten, in die Röhre II dagegen 100 lufttrockene Samen von *Lupinus albus*, welche ein Gewicht von 20,05 Gramm und ein Volumen von 17 C. c. besassen. Beide Röhren wurden mit reiner, trockener Kohlensäure gefüllt. Eine gleich nach der Versenkung der Apparate ins Wasser ausgeführte aproximative Schätzung des Gasvolumens ergab für I — 70,5 C. c., für II — 70,7 C. c.

		Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II	I	II
10. Febr. 2	p. m. 9,1°	69,17 C.c.	70,10 C.c.				
				1,29 C.c.	0,33 C.c.	2,58 C.c.	0,66 C.c.
10. » $2^1/_2$	» 9,3	67,88	69,73				
				5,69	2,66	0,95	0,44
10. » $8^1/_2$	» 10,1	62,19	67,07				
				3,73	3,07	0,27	0,23
11. » 10	a. m. 8,8	58,46	64,00				
				1,62	2,12	0,06	0,08
12. » 2	p. m. 9,5	56,84	61,88				
				0,26	0,64	0,01	0,03
13. » $12^1/_2$	» 9,6	56,58	61,24				

Gegen 1 p. m. wurde in beiden Röhren die Kohlensäure rasch mit Luft ersetzt.

		Normalvolumina.		Volumenzunahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II	I	II
13. Febr. 1	p. m. 9,8°	65,47 C.c.	66,24 C.c.				
				1,02 C.c.	0,36 C.c.	2,04 C.c.	0,72 C.c.
13. » $1^1/_2$	» 9,8	66,49	66,60				
				0,64	0,23	1,28	0,46
13. » 2	» 9,8	67,13	66,83				
				1,25	0,56	0,92	0,37
13. » $3^1/_2$	» 9,8	68,38	67,39				
				2,40	1,57	0,44	0,28
13. » 9	» 9,8	70,78	68,96				
				1,92	2,01	0,14	0,14
14. » 11	a. m. 10,1	72,70	70,97				

Es haben sonach 19 C. c. *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 14 C. c., 17 C. c. *Lupinus*-Samen etwa 9,5 C. c. Kohlensäure verschluckt.

Versuch 31.

Am 14. Februar wurden um $1^1/_2$ p. m. in die Röhre I 20 Gramm lufttrockener Samen von *Brassica Rapa*, in II ebenfalls 20 Gramm lufttrockener Samen von *Secale cereale* eingeführt. Die Samen ruhen auf einem Messingdrahtstücke, der seinerseits durch ein Kork-

stück unterstützt ist, und füllen den oberen Theil der Absorptionsröhre dicht aus. Beide Apparate werden mit reiner Kohlensäure beschickt.

			Normalvolumina.		Volumenabnahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II	I	II
14. Febr.	$1^h/_4$ p. m.	10,4°	65,98 C.c.	69,23 C.c.	0,41 C.c.	0,20 C.c.	0,82 C.c.	0,40 C.c.
14. »	$2^h/_4$ »	10,4	65,57	69,03	0,92	0,93	0,23	0,23
14. »	$6^h/_4$ »	10,6	64,65	68,10	1,05	1,55	0,06	0,10
15. »	10 a. m.	10,3	63,60	66,55	7,36	1,52	$0,02_5$	$0,00_5$
27. »	11 »	12,5	56,24	65,03	0,81	0,23	0,02	$0,00_5$
29. »	10 »	11,6	55,43	64,80				

Um $1^h25'$ p. m. wurde die Kohlensäure rasch mit Luft ersetzt.

			Normalvolumina.		Volumenzunahme. Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II	I	II
29. Febr.	$1^h40'$ p. m.	12,7°	68,05 C.c.	70,07 C.c.	2,05 C.c.	2,87 C.c.	0,08 C.c.	0,12 C.c.
1. März	2 40 »	13,0	70,10	72,94	2,16	0,98	0,02	0,01
6. »	1 40 »	12,4	72,26	73,92				

Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass nicht nur stärkemehlhaltige, sondern auch ölhaltige Samen im lufttrockenen Zustande die Kohlensäure energisch zu absorbiren vermögen. Die Natur der diese Absorption hervorrufenden Substanz näher festzustellen muss künftigen Versuchen überlassen werden. Ich will aber nicht unerwähnt lassen, dass nach einem mit Korkpfropfen angestellten Versuche die (cuticularisirten) Membranen der lufterfüllten Korkzellen unzweifelhaft dazu fähig sind.

Versuch 32.

Es wurden am 27. Januar um 1 p. m. in zwei Absorptionsröhren mehrere Bouteillenkorke eingeführt. Ihr Volumen erwies sich später (durch Versenkung in Wasser bestimmt) als 28 resp. 32 C. c. gleich. In I wurde Luft, in II reine Kohlensäure abgesperrt. Bis 2 p. m. steigt das Quecksilber in I (durch Temperaturausgleichung) nur um 0,18 Mm., in II dagegen um 1,64 Mm.

				Normalvolumina. I	II
27. Januar	2	p. m.	12,4°	58,46 C. c.	51,00 C. c.
29. »	$9^1/_2$	a. m.	12,2	58,50	47,44
30. »	10	»	12,7	58,52	46,98

Um 1 p. m. wurde in beide Röhren rasch frische Luft eingeführt.

30. Januar	$1^h10'$	p. m.	13,7°	61,32 C. c.	55,26 C. c.
30. »	2 10	»	13,9	61,37	55,79
30. »	6 40	»	14,1	61,39	56,52
31. »	2 40	»	13,6	61,33	57,37

Es hatten also die 32 C. c. Korkpfropfen etwa 5 C. c. Kohlensäure verschluckt. Gegenüber der Absorption lufttrockener Samen erscheint diese Grösse als sehr gering; es ist aber nicht zu vergessen, dass in dem Korke die feste Substanz, die ja hier ausschliesslich in Betracht kommt, nur einen geringen Theil des Gesammtvolumens einnimmt.

Ueber die verschiedenen hier aufgeworfenen Fragen hoffe ich nächstens im Stande zu sein nähere Auskunft zu geben.

Schliesslich erlaube ich mir die wichtigsten Resultate der vorliegenden Abhandlung kurz zusammenzufassen.

1) Die Athmungsintensität eines von der Pflanze abgetrennten Sprosses bleibt unter constanten Bedingungen keineswegs constant; im Dunkeln sinkt sie auffallend.

2) Dieses Sinken wird durch den allmäligen Verbrauch des Kohlehydratvorraths hervorgerufen, denn

3) eine Neubildung von Kohlehydraten auf dem Wege der Assimilation hat einen neuen Aufschwung der Athmungsintensität zur Folge.

4) Dass dieser Aufschwung durch Assimilation und nicht durch einfache Absorption von Kohlensäure hervorgerufen wird, erhellt aus folgenden Thatsachen:

a) Es muss dem Sprosse, um seine im Dunkeln abgeschwächte Athmung zu erhöhen, sowohl Kohlensäure als Licht zu Gebote gestellt werden.

b) In kohlensäurefreier Luft bleibt die Insolation wirkungslos.

c) Ein Verweilen in an Kohlensäure noch so reicher Luft im Dunkeln bleibt ohne (dauernden) Einfluss.

d) Dagegen tritt der Aufschwung auch bei Insolation in freier Luft, also bei einem minimalen Procentgehalt von Kohlensäure, auf.

e) Nach einer Insolationsperiode steigt nicht nur die Kohlensäurebildung, sondern auch die Sauerstoffabsorption.

f) Die Intensität des Lichtes übt einen grossen Einfluss aus: Sonnenschein stärkt die Athmung mehr als diffuses Licht eines trüben Tages.

g) Es sind dabei die schwächer brechbaren Strahlen betheiligt.

5) Neben dem dauernden durch Assimilation hervorgerufenen Aufschwung der Athmungsintensität kann aber noch eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung durch physikalisch absorbirte Kohlensäure statt finden.

6) Dieselbe wird aber nur nach einem Verweilen in kohlensäurereicher Luft, und zwar auch im Dunkeln, beobachtet und ist rasch vorübergehend. Das aus einer 5%—7% Kohlensäure enthaltender Luft absorbirte Gas wird in reiner Luft schon während der ersten 1—2 Stunden wieder ausgehaucht.

7) Die Kohlensäure wird von der festen Pflanzensubstanz energisch absorbirt und zwar scheinen gequollene Samen, auf die Volumeneinheit bezogen, nicht mehr als trockene davon aufzunehmen.

8) Wasserstoff absorbiren lufttrockene Samen nur in unbedeutendem Grade.

St. Petersburg. November 1880.

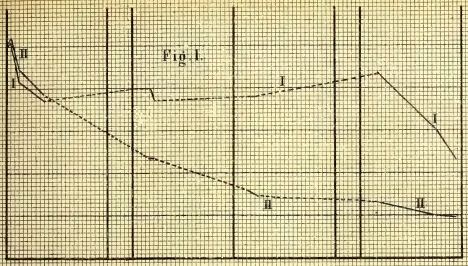


Fig. 1.
I
II
I
II
II
I

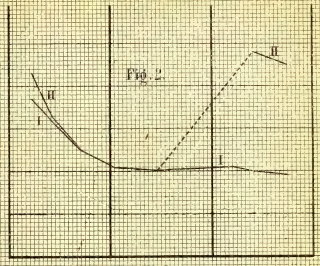
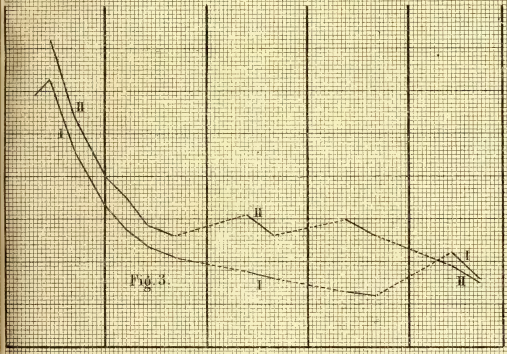
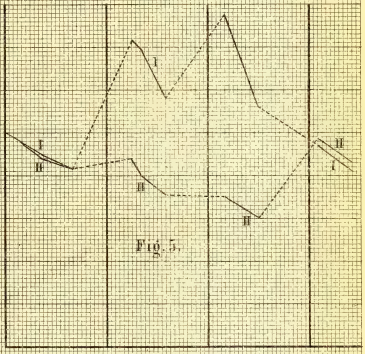
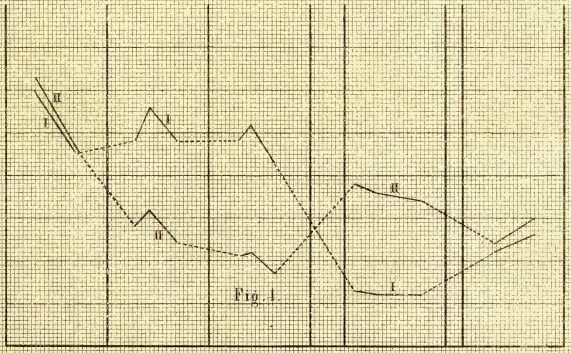
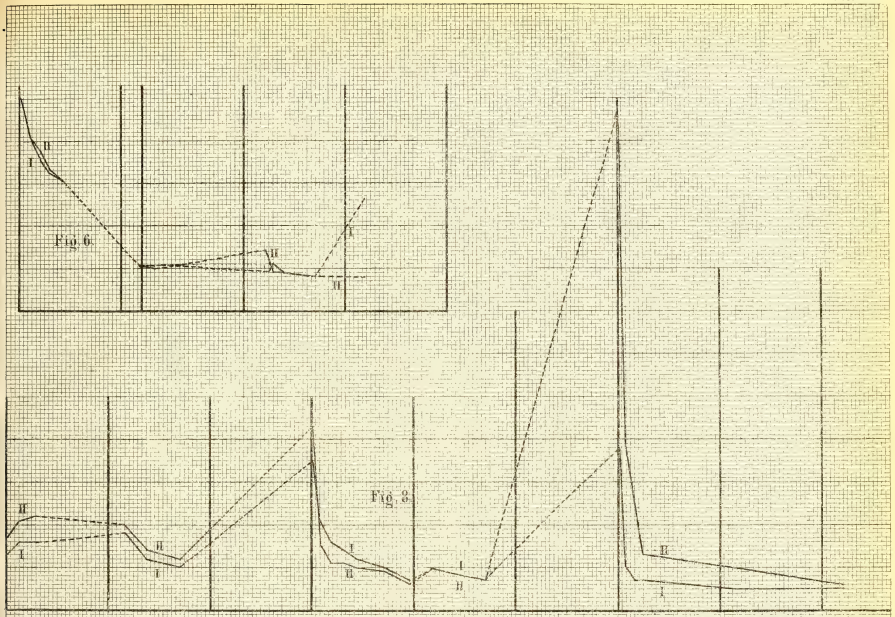


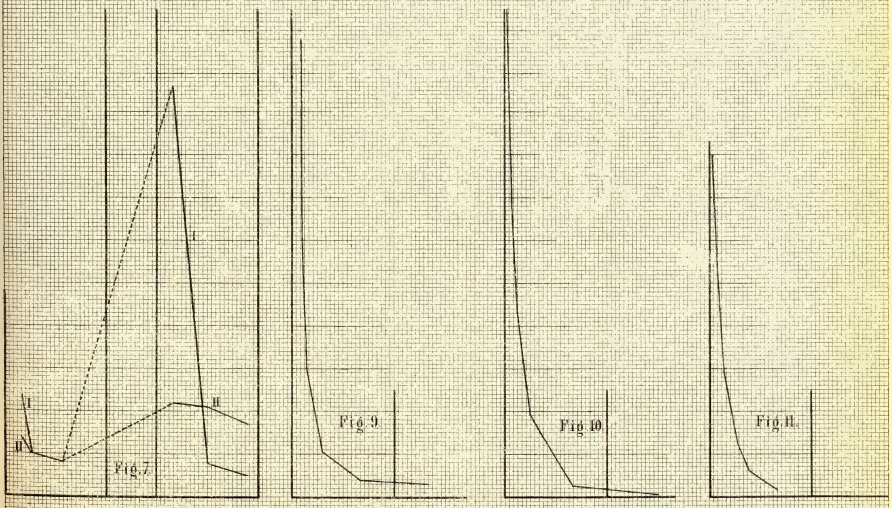
Fig. 2.
II
I
II
I


II
I
II
Fig. 3.
I
I
II


I
II
II
II
Fig. 5.
II
I


II
I
I
II
Fig. 4.
II
I


I
II
Fig. 6.
Fig. 8.


I
II
Fig. 7.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

Ouvrages botaniques publiés dans la VII^me^ série des Mémoires de l'Academie Impériale des Sciences:

T. I, № 2. **Regel, E.** Die Parthenogenesis im Pflanzenreiche. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Versuche und Schriften über Samenbildung ohne Befruchtung, nebst Beleuchtung derselben nach eigenen Beobachtungen. 1859. Mit 2 Taf. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. III, № 1. **Borszczow, El.** Die Aralo-Caspischen Calligoneen. 1860. Mit 3 Taf. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

№ 8. **Borszczow, El.** Die pharmaceutisch-wichtigen Ferulaceen der Aralo-Caspischen Wüste, nebst allgemeinen Untersuchungen über die Abstammung der im Handel vorkommenden Gummiharze: Asa foetida Ammoniacum und Galbanum. 1860. Mit 8 Taf. Pr. 1 R. 95 K. = 6 Mk. 50 Pf.

T. IV, № 4. **Regel, E.** Tentamen florae Ussuriensis oder Versuch einer Flora des Ussuri-Gebietes. Nach den von Herrn R. Maack gesammelten Pflanzen bearbeitet. 1861. Mit 12 Taf. Pr. 2 R. 95 K. = 9 Mk. 80 Pf.

№ 11. **Bunge, Al. v.** Anabasearum revisio. Cum tribus tabulis. 1862. Pr. 1 R. 20 K. = 4 Mk.

T. VII, № 1. **Ruprecht, F. J.** Barometrische Höhenbestimmungen im Caucasus, ausgeführt in den Jahren 1860 und 1861 für pflanzen-geographische Zwecke, nebst Betrachtungen über die obere Gränze der Culturpflanzen. 1863. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. VIII, № 15. **Famintzin, A.** Die Wirkung des Lichtes auf das Wachsen der keimenden Kresse. 1865. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. IX, № 2. **Bunge, Al. v.** Uebersichtliche Zusammenstellung der Arten der Gattung Cousinia Cass. 1865. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. X, № 6. **Woronin, M.** Ueber die bei der Schwarzerle (Alnus glutinosa) und der gewöhnlichen Garten-Lupine (Lupinus mutabilis) auftretenden Wurzelanschwellungen. 1866. Mit 2 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 11. **Maximowicz, C. J.** Rhamneae orientali-asiaticae. 1866. Cum tabula. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 16. **Maximowicz, C. J.** Revisio Hydrangearum Asiae orientalis. 1867. Scripsit tabulisque 4 lapidi incisis illustravit.... Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XI, № 2. **Kauffmann, N.** Beitrag zur Kenntniss von Pistia texensis Klotsch. 1867. Mit 1 lith. Taf. Pr. 25 K.=80 Pf.

№ 7. **Linsser, C.** Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens in ihrem Verhältniss zu den Wärmeerscheinungen. Mit Zugrundelegung einer Bearbeitung des von dem Herrn Director der Brüsseler Sternwarte, Prof. A. Quetelet, publicirten Materials, sowie einiger nördlicheren Beobachtungsreihen. 1867. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 9. **Famintzin, A.** und **Baranetzky, J.** Zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien- und Zoosporenbildung der Flechten. 1867. Mit 1 lith. Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 16. **Bunge, Al. v.** Generis Astragali species gerontogeae. Pars prior. Claves diagnosticae. 1868. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

T. XII, № 2. **Schmidt, Fr.** Reisen im Amur-Lande und auf der Insel Sachalin, im Auftrage der Kaiserlich-Russischen Geographischen Gesellschaft ausgeführt. Botanischer Theil. 1868. Mit 2 lith. Karten und 8 lith. Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. 85 K. = 9 Mk. 50 Pf.

№ 3. **Strassburger, E.** Die Befruchtung bei den Farrnkräutern. 1868. Mit 1 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XIII, № 6. **Sperk, G.** Die Lehre von der Gymnospermie im Pflanzenreiche. Eine von der Kais. Universität zu Charkow gekrönte Preisschrift. 1869. Avec 7 pl. (200 fig.) lith. Pr. 1 R. 40 K. = 4 Mk. 70 Pf.

№ 8. **Linsser, C.** Untersuchungen über die periodischen Lebenserscheinungen der Pflanzen. Zweite Abhandlung: Resultate aus einer eingehenden Bearbeitung des europäischen Materials für die Holzpflanzen in Bezug auf Wärme und Regenmenge. 1869. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

T. XIV, № 4. **Osten-Sacken,** Baron Fr. v. d. et **Ruprecht, F. J.** Sertum Tianschanicum. Botanische Ergebnisse einer Reise im mittleren Tian-Schan. 1869. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. XV, № 1. **Bunge, Al. v.** Generis Astragali species gerontogeae. Pars altera. Specierum enumeratio. 1869. Pr. 1 R. 95 K. = 6 Mk. 50 Pf.

№ 2. **Ruprecht, F. J.** Flora Caucasi. Pars I. 1869. Accedunt tabulae (lith.). Pr. 2 R. 90 K. = 9 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 9. **Maximowicz, C. J.** Rhododendreae Asiae orientalis. 1870. Scripsit tabulisque 4 lapidi incisis illustravit.... Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XVIII, № 2. **Bunge, Al. v.** Die Gattung Acantholimon Boiss. 1872. Mit 2 lith. Taf. Pr. 95 K. = 3 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 1. **Russow, E.** Vergleichende Untersuchungen betreffend die Histiologie (Histiographie und Histiogenie) der vegetativen und sporenbildenden Organe und die Entwickelung der Sporen der Leitbündel-Kryptogamen, mit Berücksichtigung der Histiologie der Phanerogamen, ausgehend von der Betrachtung der Marsiliaceen. 1872. Mit XI Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. 75 K. = 9 Mk. 20 Pf.

T. XX, № 3. **Famintzin, A.** und **Woronin, M.** Ueber zwei neue Formen von Schleimpilzen: Ceratium hydnoides alb. et schw. und Ceratium porioides alb. et schw. 1873. Mit 3 Taf. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. XXI, № 1. **Bunge, Al. v.** Labiatae persicae. 1873. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

№ 9. **Gobi, Ch.** Die Brauntange (Phaeosporeae und Fucaceae) des Finnischen Meerbusens. 1874. Mit 2 Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XXII, № 1. **Bunge, Al. v.** Species generis Oxytropis Dc. 1874. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

№ 2. **Keyserling, Al.** Gen. Adiantum L. 1875. Avec 1 pl. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

№ 10. **Famintzin, A.** Beitrag zur Keimblattlehre im Pflanzenreiche. 1876. Mit 8 lith. Taf. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXIV, № 2. **Schmalhausen, J.** Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftbehälter der Pflanzen. 1877. Avec 2 pl. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Gobi, Ch.** Die Rothtange (Florideae) des Finnischen Meerbusens. 1877. Avec 1 pl. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXV, № 2. **Cienkowsky, L.** Zur Morphologie der Bacterien. 1877. Avec 2 pl. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XXVI, № 1. **Gobi, Ch.** Die Algenflora des Weissen Meeres und der demselben zunächstliegenden Theile des nördlichen Eismeeres. 1878. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 10. **Famintzin, A.** Embryologische Studien. 1879. Avec 3 pl. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 12. **Klinge, J.** Vergleichend-histiologische Untersuchungen der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, insbesondere der Wurzel-Leitbündel. 1879. Avec 3 pl. Pr. 85 K. = 2 Mk. 80 Pf.

T. XXVII, № 2. **Baranetzky, J.** Die tägliche Periodicität im Längenwachsthum der Stengel. 1879. Avec 5 pl. Pr. 1 R. 20 K. = 4 Mk.

№ 8. **Bunge, Al.** Pflanzen-geographische Betrachtungen über die Familie der Chenopodiaceen. 1880. Pr. 30 K. = 1 Mk.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 5.

DIE

JURA-ABLAGERUNGEN

ZWISCHEN

RYBINSK, MOLOGA UND MYSCHKIN

AN DER OBEREN WOLGA.

VON

S. Nikitin.

Mit 7 Tafeln.

(*Lu le 2 septembre 1880.*)

112926

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 R. 40 Kop. = 4 Mk. 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 5.

DIE

JURA-ABLAGERUNGEN

ZWISCHEN

RYBINSK, MOLOGA UND MYSCHKIN

AN DER OBEREN WOLGA.

VON

S. Nikitin.

Mit 7 Tafeln.

(*Lu le 2 septembre 1880.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 R. 40 Kop. = 4 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Avril 1881 C. Vesséłofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

I. Einleitung.

In den letzten sechs Jahren waren meine Untersuchungen auf das genaue Studium der Juraformation in den Flussgebieten der Oka und der oberen Wolga gerichtet. Ich hatte die Absicht die stufenweise Schichtung und die Entwickelung des organischen Lebens im Jurameere zu verfolgen. Dass meine Arbeit in dieser Richtung nicht für beendet, sondern vielmehr für kaum begonnen gelten muss, ist selbstverständlich; auch sind es nur wenige die Grundlage bildende Capitel, die ich mir erlaube meinen Lehrern und Collegen in der Wissenschaft zu bieten. Eines derselben ist folgende Abhandlung, deren Gegenstand noch so wenig bearbeitet ist und dabei ein so weites Feld bietet, dass viele Jahre vergehen, und manche Nachforschungen nöthig sein werden, ehe der Jura des mittleren Russlands so gut bekannt sein wird, wie die Juraformationen in Westeuropa.

Wie bekannt, bildet die Juraepoche in Mittel- und Südeuropa, Indien und anderen Gegenden eine ganze Reihe aufeinanderfolgender kleiner Perioden (Zonen), welche durch die Entwickelung eigenthümlicher thierischer Formen characterisirt werden, die am Anfange dieser kleinen geologischen Zeitabschnitte erscheinen, und zu Ende derselben wieder schwinden, während die Formen mit mehr Lebensfähigkeit fortdauern und sich durch eine ganze Reihe aufeinanderfolgender Zonen erhalten. In Bezug auf den russischen Jura kann so eine Theilung unterdessen kaum für ausgearbeitet gelten. Es kommen zwar längst schon einige Indicien vor, aber diese sind, so zu sagen, abgerissen, unvollständig und nicht mit der systematischen Genauigkeit untersucht, die das Feststellen von Thatsachen erfordert. Unsere Geologen bestreiten noch in dieser Hinsicht die wichtigsten Grundlagen. So ist zum Beispiel in unserer Literatur die Frage noch nicht unwiderruflich entschieden, ob ein guter Theil unseres Juralagers für Jura zu halten, oder zum Neocom zu rechnen sei. Bei so einer Sachlage findet der Geologe, sowol als Stratigraph wie als Paläontolog, ein weites Feld. Noch ergiebiger wäre es freilich für den reinen Paläontologen, welcher den Entwickelungsgang des organischen Lebens während der Juraepoche in Russland erforschen wollte. Seit den

classischen Arbeiten von Buch[1]), Murchison und d'Orbigny, von denen letzterer mit der Bearbeitung des von Murchison's Expedition gesammelten Materials betraut wurde, wird der Jura des nördlichen und mittleren Russlands im Ganzen ausschliesslich der Oxfordperiode des mitteleuropäischen Jura's angepasst.

Es ist wahr, dass d'Orbigny, sich auf paläontologische Data gründend, es für möglich hält, den russischen Jura ferneren Unterabtheilungen zu unterwerfen: eine untere Etage (Kelloway) zu der er die Schichten in der Umgegend von Moskau, Elatma, am nördlichen Ural, Simbirsk und Orenburg rechnet; und in eine obere Etage (Oxford clay), in dessen Complex die Schichten in den Gouvernements Kostroma und Saratow treten. Doch allein schon die Zusammenstellung so verschiedener Bildungen, wie der Moskauer Jura und der von Elatma sie bieten, lässt uns dieser Unterabtheilung keinen Werth beilegen, um so mehr, da das paläontologische Material von d'Orbigny in einem so verwickelten Zustande übernommen wurde, dass die Hinweise auf den Ort, wo die oder jene der von ihm beschriebenen Formen gefunden wurde, den schwächsten Theil seiner herrlichen Arbeit ausmachen. Murchison sah keine Möglichkeit d'Orbigny's Eintheilung nur auf Grund stratigraphischer Data aufrecht zu halten und empfiehlt, den ganzen russischen Jura, als zu der Oxfordperiode gehörend zu betrachten — und das ist Alles[2]). Doch schon zu derselben Zeit, d. h. in den vierziger Jahren beobachteten die Moskauer Naturforscher, Professor Rouiller an der Spitze, eine deutliche Theilung des Moskauer Jura in vier Etagen[3]). Von diesen wird die untere (nach Rouiller die vierte) welche aus Thon und Kalkmergel mit Oolitkörnern von Brauneisenstein besteht, von Prof. Rouiller durch die Anwesenheit von Terebratula varians characterisirt. Rouiller beobachtete diese Schicht in Miatschkowo, Amirowo, am Ufer der Kliasma, in Senkino an der Pachra, Grigorowo und einigen anderen Gegenden.

Die folgende dritte Etage die aus dunkelgrünen Thonarten besteht, wird durch Ammoniten vom Typus des Amaltheus alternans characterisirt. Die zweite die aus dunkeln Thon-, Kalk- und Sandarten besteht, wird durch das Vorhandensein von *Perisph. virgatus* bezeichnet. Die erste endlich, die aus röthlichen und gelblichgrauen Sandsteinen besteht, unterscheidet sich durch die Form des *Amalth. catenulatus*.

Rouiller und seine Mitarbeiter beschrieben anfangs eine bedeutende Fauna für jede dieser Abtheilungen. Zum grossen Nachtheil für die Wissenschaft hat Rouiller die beabsichtigte Arbeit nicht vollendet. Er hat es nicht nur unterlassen unsere russische Jurabildung mit der westeuropäischen zu parallelisiren, sondern ist auch auf der Hälfte ihrer Beschreibung stehen geblieben. Indessen ist die von ihm nur angedeutete, aber nicht beschriebene vierte Etage merkwürdigerweise der Aufmerksamkeit der späteren Beobachter ent-

1) L. Buch. Beiträge d. Bestimmung d. Gebirgsform. Russland, 1840 u. Karsten's Archiv. Band 16, Heft 2.

2) Murch. Vern. Keyserl. Geol. of Russia etc. 1845, vol. I p. 253—258.

3) Рулье. О животныхъ Московск. губ. 1845 (въ отчетъ Моск. Іюль).

Rouiller et Frears. Coupe geol. des environs de Moscou. Bull. d. l. Soc. Natur. de Moscou 1845 № 4.

Explications de la Coupe etc. idem 1846, I, 444 и II, 359.

gangen, obgleich sie sich durch das ganze Moskauer Gouvernement, überall wo die Grenze zwischen dem Jura und dem Bergkalk deutlich ist, ununterbrochen fortentwickelt, wie ich es bei meinen persönlichen Beobachtungen gefunden habe; und ungeachtet einer besondern, höchst characteristischen Fauna, die sie enthält. Diese Etage wird sogar in dem Werke des H. Trautschold ignorirt, das doch die Detailbeschreibung des Gouvernements zum Vorwurf hatte[1]). Die Schichten derselben, so wie die darin enthaltenen Thierreste werden entweder zu der darauffolgenden Etage gerechnet, wenn sie besonders stark entwickelt sind, wie z. B. in Gjeli und Choroschowo, oder sie werden gänzlich übersehen, wie in Miatschkowo[2]) und an anderen Orten.

Zu Ende der fünfziger Jahre tritt auf dem Gebiete der Erforschung des russischen Jura ein neuer Arbeiter, Herr Trautschold auf. Dieser unermüdliche Beobachter hat eine Menge Species beschrieben, dabei die unterbrochene Arbeit des Herrn Rouiller fortsetzend. Aber eine grössere Bedeutung hat für uns gegenwärtig die von Trautschold nach heftiger Debatte mit dem Akademiker Eichwald festgestellte Parallelisirung der drei Schichten Rouiller's mit den entsprechenden Westeuropa's. Der unteren Etage, welche die vierte und dritte Rouiller's enthält, wird die Bedeutung der Oxfordschichten beigemessen. Die zweite Etage wird jetzt, trotz der hartnäckigen Widerlegungen Eichwald's, fast von allen für Kimmeridge erkannt, und die dritte obere den Schichten des oberen Jura in Westeuropa (Portland nach Trautschold) entsprechend[3]). Ausser der Feststellung dieser drei Juraperioden in Russland, hat Trautschold eine in Choroschowo, Tatarowo und anderen Orten befindliche, besondere Schicht beschrieben, die, seiner Ansicht nach, höher liegt, als die Schicht mit Aucella mosquensis und Amalt. catenulatus; es ist eine Schicht von grünlichen Sandarten, durch die Muschel Am. fulgens characterisirt. Auf Grund der unten angegebenen Data rechnet Trautschold diese Schicht schon zu der unteren Kreideformation (Neocom), die auf diese Weise, seiner Ansicht nach, auf dem Jura liegt. Wir werden weiter unten sehen, dass die Lage dieser Schicht in Folge von Verschiebungen und Abwürfen der Choroschow'schen Entblössungen falsch aufgefasst worden ist. Graue und schwarze Thonarten, die in verschie-

---

1) Московская губ. въ матеріалахъ для геологіи Россіи. Изд. С.-Петербургъ, Минер. Общ.

2) Ich kenne nur eine kleine Arbeit von Venetzky, der der Oolitenschicht im Miatschkowo wieder erwähnt. Очеркъ геогност. строенія юговост. Москов. бассейна. Труды I, Съѣзда русск. естеств. Спб. 1868, стр. 45.

3) Aus zahlreichen Schriften Trautschold's sind in dieser Hinsicht zu beachten:

Der Moskauer Jura verglichen mit dem Westeuropäischen, Zeitsch. d. deut. geol. Gesellsch. 1861.

Kreide-Ablagerungen im Gouv. Moskau, idem 1861, IV.

Nomenclator Palaeontol. Bull. d. Mosc. 1862, IV.

Reisebriefe aus Russland, Zeitsch. d. d. g. Gesell. 1864, Band 16.

Kimmeridge und Neocom, idem 1868, IV.

Московск. губ. въ Матеріал. для геол. Россіи, 1868, 1870, 1872.

Scheidelinie zwischen Jura und Kreide in Russland, idem 1875.

Ergänzung zur Fauna d. russisch. Jura. Запис. Мин. Общ. 1876.

Der französ. Kimmerd. und Portland verg. mit d. Mos. Schichten. Bull. d. Mosc. 1876, IV.

Eichwald. Ueber Neocomschichten Russlands:

Grünsand der Umgegend v. Moskwa. Bull. d. Mosc. 1861 u 1862.

Zeitsch. d. d. g. Gesell. 1866.

denen Gegenden Russland's in mächtigen Schichten aufgedeckt liegen, Schichten, die im Verhältniss zu den übrigen oberen jurassischen Gebirgsarten vorherrschend sind, fuhr man fort ausschliesslich zur Oxfordetage zu rechnen; ausserdem zählte man zu dieser Periode auch noch bedeutende Massen von Kalk und Oolitharten, die stellweise mitten im grauen Thon vorkommen. Es sei bemerkt, dass die Stratigraphie des russischen Jura manche wesentliche Schwierigkeiten bietet, mit denen die deutschen Geologen, die eine so genaue Geschichte dieser Periode in Mitteleuropa zusammengestellt haben, nur selten zu kämpfen haben. Der völlige Mangel an einigermassen bedeutenden Anhöhen lässt die Juraschichten fast in horizontaler Lage, weshalb sie nur selten von dem sie bedeckenden Alluvium befreit werden. Die Gegenden, in denen Jurabildungen vorhanden sind, liegen von einander so entfernt, dass ein Vergleich der Schichten, besonders bei dem Wechsel des Mineralgehaltes, so wie der localen organischen Ueberreste, sehr erschwert wird. Dort, wo Jurabildungen zum Vorschein kommen, sind sie nur selten in ihrer ganzen Stärke entblösst. Gewöhnlich sehen wir nur die oberen Schichten und nur höchst selten kommt eine Formation an den Tag, die dem Jura als Unterlage dient. Der lockere Character der Sand- und Thonarten und der Sandsteine des russischen Jura unterscheidet diesen — zum Nachtheil für den Erforscher — von dem Deutschland's, wo der Jura meist aus festen Kalk- und Thonarten besteht. Diese Lockerheit bedingt die Hinwegschwemmung und stellweise die gänzliche Vernichtung von Juraschichten späterer Epochen, so dass der Jura in Russland anstatt in einer fortlaufenden Schicht, nur inselweise vorkommt. Die abgeschwemmten Juraarten bilden hin und wieder neue Schichten, die ein buntes Gemisch von Fossilien aus verschiedenen Schichten enthalten. In dieser Art sind z. B. die Gegenden von Dorogomilowo bei Moskau und Metkomelino bei Gjel im District Bronnizy. Diese Lockerheit und die Penetrabilität besonders der obenaufliegenden Sandarten und dazu die Wasserdichtheit des darunterliegenden Thones erzeugen eine für den Geologen sehr bedauernswerthe Trübung der existirenden Entblössungen. Häufige Verschiebungen, Abwürfe, Anschwemmungen bilden eine sehr gewöhnliche Erscheinung in dem russischen Jura. Stellweise kommen die Schichten an steilen, vom Hochwasser unterspülten Flussufern durchaus verkehrt vor, so, dass die oberen Schichten unter ältere Formationen zu liegen kommen. So eine Erscheinung hat Herrn Trautschold die richtige Lage der Schichten verborgen. Eine ähnliche Erscheinung verwirrte in den Augen eines so ausgezeichneten Geologen wie Dittmar, die Entblössungen von Elatma und Okschewo[1]).

Unter solchen Umständen begann ich vor sechs Jahren meine Beobachtungen des russischen Jura. Gleich zu Anfang brachten mich die paläontologischen Erforschungen in Verlegenheit. Mit besonderem Eifer widmete ich mich der Bearbeitung einer bis dahin nur wenig erforschten Gegend in der Nähe von Moskau, nämlich der Sperlingsberge. Dieses Studium brachte mich alsobald zu Schlüssen, die mit der Lehre von vier Etagen (nach Trautschold) in Widerspruch waren. Vergleiche mit anderen Entblössungen in der Umge-

1) Владимір. губ. Матер. для геологіи Россіи, 1873, Т. 5.

gend Moskau's, wie z. B. in Tschagino, Drosdowo, Diakowo und and., und in letzter Zeit auch in Mniowniki und in Choroschowo, haben meine Zweifel nur bestätigt. Fossilien wurden in Schichten gefunden, in denen sie sich, der Lehre gemäss, nicht befinden durften. Besonders überraschte mich Am. fulgens beständig unter der Schicht mit *Perisph. subditus* Tr. (Koenighi d'Orb) und Am. catenulatus zu finden, so dass ich es nicht einmal wagte, diese Beobachtung in meiner Abhandlung[1]) aufzunehmen, und mich darauf beschränkte auf einige Bivalvae und Gastropoda hinzuweisen. Ich wusste, dass die Ammoniten für alle Perioden und Zonen im Jura als besonders massgebend gelten. Es blieb mir also nichts weiter übrig, als entweder an der Richtigkeit der vor mir beobachteten Aufeinanderfolge der Schichten zu zweifeln, wozu ich mich als Neuling nicht entschloss; oder eine Hypothese zu erfinden, welche die scheinbare Anomalie im Bau der Sperlingsberge erklärte. Ich dachte ob es nicht möglich sei, die Etagen des russischen Jura allesammt einer Epoche zuzuschreiben und die beobachteten aufeinanderfolgenden Veränderungen, sowohl des paläontologischen, wie des mineralogischen Characters, durch die Verschiedenheit der Tiefe und anderer Bedingungen eines Meeres zu erklären, in dem gleichzeitig alle Thierformen unseres Jura gelebt hätten. Diese Hypothese wurde schon vor mir durch Professor Inostrantzew[2]) für die Bergkalketagen und Prof. Golowkinskij[3]) für die Etagen der Permformation durchgeführt. Obgleich durch diese Hypothese nicht befriedigt, habe ich sie in meiner ersten Arbeit über die Sperlingsberge angeführt indem ich dabei hauptsächlich auf Erwiderungen rechnete, die mir zur Aufklärung der Wahrheit hätten dienen können. Meine Hoffnungen sollten jedoch nicht gerechtfertigt werden. Es ist wahr, von Hrn. Trautschold kam mir eine gedruckte Bemerkung zu[4]), doch, ich gestehe, sie hat mich keineswegs zufriedengestellt. Trautschold meinte, dass die Worobiew'schen Schichten das Resultat von Unterspülungen und späterer, zum zweiten Male sich gebildeter Ablagerungen aus verschiedenen Etagen seien. Jedoch kann so eine Vermuthung Niemand gelten lassen, der auch nur ein einziges Mal die regelmässige Schichtung und die Gleichförmigkeit der Gebirgsarten dieser Gegend gesehen hat. Vollständige Abwesenheit von Breccien oder irgend welchem Conglomerat, und hauptsächlich die Regelmässigkeit und horizontale Lage der Schichtung der Versteinerungen bestätigen keineswegs die Vermuthung von irgend welchen späteren Umwälzungen, die jedenfalls diese paläontologischen Ueberreste mehr oder weniger beschädigt hätten. So musste ich denn, entweder meine Hypothese an möglichst vielen Stellen zu bestätigen suchen, oder mich von derselben lossagen, und damit die Unrichtigkeit und Unvollständigkeit des adoptirten Systems von den Etagen des russischen Jura anerkennen. Genaue Untersuchungen brachten mich gerade zu letzterem Schlusse. Ich fand, dass die von mir an nichtentspre-

1) S. Nikitin. Die Sperlingsberge als jurassische Gegend. Bull. d. Mos. 1877, I.

2) Иностранцевъ. Геолог. изслѣд. на сѣверѣ Россіи. Труды Спб. Общ. Естеств. Т. 3.

3) Головкинскій. Изслѣд. Пермск. системы въ Казанск. и Вятск. губ. Матер. Геолог. Россіи, изд. Спб. Минер. Общ. Т. I.

4) Trautschold. Ueber Kreidefossilien Russlands. Bull. d. Mosc. 1877, II, p. 345.

chenden Stellen aufgefundenen Formen thierischen Lebens entweder so, wie Am. fulgens bisher nicht an die richtige Stelle in unserem Jura placirt wurden oder dass sie, so wie einige Bivalvae und Gastropoda, zu den langlebigen Formen gehören, deren verwandte Arten auch in Westeuropa in einer ganzen Reihe aufeinanderfolgender Epochen gelebt haben, so dass sie gar nicht, wie bisher angenommen wurde als Leitmuscheln irgend einer Epoche dienen können.

Vielleicht aber verdankt der grösste Theil dieser langlebigen Formen seine Existenz nur den Annalen der Geologie, als ein bedauernswerthes Resultat häufiger Fehler in der Definition und in der Identificirung von Formen, die in der That Repräsentanten von ganz verschiedenen Species sind, und einer zu weiten Bedeutung, die man dem Worte Species gab. Weiter unten werde ich in Bezug auf diese Frage meine Ansicht darlegen, jetzt aber, nachdem wir die als Grundlage dienenden Werke über russische Paläontologie der jurassischen Formation analysirt haben, kommen wir nothwendig zu dem Schlusse, dass eine vollkommene Umarbeitung des paläontologischen Materials unumgänglich ist. In der That sind es nur die — leider in zu kurzen Bruchstücken vorhandenen — Arbeiten des unvergesslichen Professors Rouiller[1]), die uns mit wenigen Ausnahmen, richtige, streng wissenschaftliche Definitionen und Vergleiche mit den westeuropäischen Formen bieten; richtig sind sie wenigstens für die Zeit, wo Rouiller arbeitete. Man vergesse nicht, dass dazumal der europäische Jura nicht gar zu viel streng bearbeitetes Material aufzuweisen hatte. Das in jeder Hinsicht vorzügliche Werk d'Orbigny's hat einen wesentlichen Mangel in Bezug auf Stratigraphie. Die Gegenden sind ganz durcheinander gemischt, was wol am meisten daran verhindert hat den russischen Jura mit dem westeuropäischen zu parallelisiren. So zeigt er z. B. die Ammoniten Brighti, Leachi, Fischerianus, Jason in oberen Choroschowschen Sandstein, während es durchaus keine Fossilien des oberen Jura, sondern der Kelloway-Formation von Elatma und anderen Gegenden sind, folglich zu den untersten Schichten der russischen Jurabildung gehören. Die grösste Confusion aber kommt in der Beschreibung der Belemniten vor, worüber ich weiter unten im paläontologischen Theile dieses Werkes mehr sagen werde.

Die Mängel in Trautschold's Arbeiten[3]) sind folgende: 1) Ein zu weiter Begriff von der Species wodurch seine Register ein buntes Durcheinander von Formen des weissen und braunen Jura und des in Russland gar nicht existirenden Lias bilden. 2) Die Feststellung der Species nicht durch genaues Studium und Beschreibung der Formen, sondern blos durch Vergleiche mit einer beschränkten Anzahl von westeuropäischen Musterstücken und Abbildungen von denselben. In den Aufsätzen des Prof. Trautschold begegnen wir nur kurzen Diagnosen, ja auch diesen nicht einmal immer; und niemals ausführlichen Beschreibungen

1) Die palaeontologischen Studien von Prof. Rouiller befinden sich in Bull. de Moscou 1844—50.

2) Geologie de la Russie. Murch. Vern. Keyserl. 1845, Vol. II, Palaeontologie.

3) Die palaeontologischen Studien von Prof. Trautschold, so weit sie den Inhalt meiner Arbeit betreffen werden weiter angezeigt.

mit dem Hinweise auf die vollständige Literatur gleicher und verwandter Formen, wie eine so minutiöse Arbeit, als das Aufstellen neuer Formen und mehr noch der Identität mit schon bekannten Formen, es erheischt.

Doch den grössten und einen vollkommen gerechten Unwillen erregte und erregt noch das Werk des Akademikers Eichwald[1]). Nicht nur gewährt dieses umfangreiche, aber mehr als nachlässig zusammengestellte Werk dem Arbeitenden keine Hülfe, sondern es ist sogar im Stande einen Anfänger durch die darin enthaltenen Curiositäten irre zu leiten. Auf Schritt und Tritt sehen wir in demselben junge Exemplare, Abnormitäten ja sogar zufällig beschädigte Exemplare, als neue Species figuriren. Die Unkenntniss des Systems der jetzt lebenden Mollusken verleitete Eichwald zu falschen Benennungen der Genera, und das Streben den Moskauer Jura dem Neocom anzupassen, hat zu mancherlei curiosen Vergleichen mit den westeuropäischen Formen geführt. Und mit diesen vier Namen schliesst die Reihe der wichtigsten Naturforscher, welche die jurassischen paläontologischen Ueberreste in Mittel-Russland selbstständig untersucht, studirt, beschrieben und analysirt haben.

Nachdem mir die Frage von den Schichten des oberen Jura klar war, richtete ich mein Augenmerk auf die sogenannten Oxfordschichten, von grauem Thon und Oolith. Sorgfältige Erforschung derselben gab mir die Möglichkeit sie wenigstens in fünf besondere Etagen zu theilen. Es erweist sich, dass diese Etagen durchaus nicht ausschliesslich zur Oxfordperiode gehören, sondern dass sie das ganze Lager der Kelloway- und Oxfordperioden in Westeuropa umfassen. Es ist wahr, dass Wenetzkij[2]) in seiner Abhandlung über den Jura im Riasan'schen auf die Wahrscheinlichkeit hinweist, dass sich im russischen Jura unter den Oxfordschichten noch andere befinden. Aber das war nur eine einfache auf wenige Thatsachen gegründete Bemerkung. In einigen Aufsätzen von Trautschold vor dem Jahre 1876 begegnen wir auch älteren specifischen Formen als die der Oxfordperiode, aber ebendaselbst beschreibt er auch Liasarten, einer in Russland gar nicht existirenden Periode. Ausserdem hat er nichts gethan, um diese Fossilien in die besonderen Etagen der Thonarten des unteren Jura in Russland zu gruppiren, alle diese Fossilien werden im Gegentheil zusammen und ohne Rücksicht auf ihren geologischen Horizont beschrieben; weshalb die ganze untere Etage immer noch zu Oxford gerechnet wurde. Als Beweise dazu dienten ihm nur die Ausgrabungen in dem Thone bei Mniowniky, der eigentlich nur ein oberes Glied dieser Schichten bildet. Es ist genug um das Factum zu constatiren, dass Trautschold in seinem Werke vom Jahr 1876[3]) noch nicht die Möglichkeit sah, den russischen unteren Jurathon in vier besondere Etagen zu theilen.

Einen gewaltigen Anstoss zu weiteren Erfolgen in der Erforschung des stratigraphischen Characters dieser Schichten erhielten wir von Aussen durch das Werk des Wiener Professors Neumayer, dem man Fossilien aus den Steinkohlengruben von Tschulkowo (Gouv.

1) Lethaea rossica. Période moyenne 1865—68.
2) l. c. p. 44.
3) Ergänzung etc. l. c. p. 32.

Riasan, Kreis Skopin) zugestellt hatte. In diesen für jeden Geologen bemerkenswerthen Gruben gehen die angelegten Schachte durch Schichten von unterem Jura, die sehr reich an Fossilien sind, Neumayer hat das Vorhandensein mehrerer Etagen in diesem Jura categorisch bewiesen. Aber aus der Ferne arbeitend und ohne die Gegend gesehen zu haben, hat er wol manche wesentliche Fehler in Bezug auf die Lage der Schichten gemacht, aber seine Abhandlung hat Prof. Lahusen[1]) Gelegenheit gegeben uns in einer schönen, höchst genauen Arbeit den wahren Bau des Jura im südwestlichen Theile des Gouv. Rjasan zu erklären. Dieses letzte Werk und der vorhererwähnte Artikel von Wenetzkij hat auch mir als Ausgangspunkt gedient. Ich hatte den Gedanken gefasst, nach Prüfung von Lahusen's Werk in Tschulkowo, das von mir daselbst Gesehene auf den ganzen Jura an der Oka im Allgemeinen, und auf die classische Gegend bei Elatma ganz besonders in Anwendung zu bringen. Die Bedeutung der Schichten des letztgenannten Ortes zu finden ist nicht einmal einem so erfahrenen Geologen wie Dittmar gelungen. Von Elatma nach Westen haltend und ins Moskauer Gouvernement übergehend hoffte ich mir das allmähliche Dünnerwerden der unteren und die immerwährende Entwickelung der oberen Juraschichten zu erklären. Endlich rechnete ich ins Jaroslaw'sche Gouvernement kommend diesen, in stratigraphischer Hinsicht noch vollkommen unberührten nordwestlichen Winkel des jurassischen Bassins vom mittleren Russland zu erforschen. Diese Hoffnungen sind jetzt von bedeutendem Erfolge gekrönt. Meine Nachforschungen sind nunmehr so weit gediehen, dass ich mich entschliesse einen Theil der erlangten Resultate zu veröffentlichen.

II. Historische Uebersicht der Erforschungen im Jaroslaw'schen Jura.

Ungeachtet der bedeutenden Ausdehnung und des paläontologischen Reichthums hatte der Jura im Jaroslaw'schen nur wenige Erforscher. Die ersten Hinweise auf denselben finden wir in dem Werke von Blasius[1]). Er erwähnt in demselben des Jura in den Umgegenden von Rybinsk und Uglitsch und giebt die Beschreibung einer Entblössung dieser Formation bei der Stadt Jaroslaw. Leider erregen seine Hinweise nur wenig Zutrauen. Bei Uglitsch wurde von keinem der späteren Erforscher Jura gefunden; ich selbst bestätige die vollkommene Abwesenheit desselben in dieser Gegend; die ersten Spuren zeigen sich erst unweit der Stadt Myschkin, ungefähr 25 Werst von Uglitsch. Ebenso unwahrscheinlich ist das

1) Neues Jahrb. d. Miner. 1877, Heft 5. Ueber d. jurass. Bildungen im Gouver. Rjasan.

2) Blasius. Reise im Europäischen Russland in den Jahren 1840—41. Braunschw. 1844, I. Th., S. 301.

Vorhandensein von Jura in der von Blasius bezeichneten Gegend bei Jaroslaw, trotz der genauen Angabe dieses Ortes. Prof. Stschurowsky bemerkte schon Blasius' Irrthum. Ich selbst habe viel Zeit zur Besichtigung der Umgegenden von Jaroslaw angewandt, und kann mir nicht einmal einen Ort denken, an dem man erwarten könnte, Jura zu finden. Schon die Bezeichnung des Ortes, welcher, nach Blasius Worten, eine Viertelstunde Weges nach Osten von der Stadt entfernt liegt, muss sonderbar erscheinen. Im Osten von der Stadt fliesst die Wolga, und jenseits derselben erstreckt sich das niedrige, Ueberschwemmungen ausgesetzte Ufer, wo sich auf keinen Fall Anzeichen von Jurabildungen erwarten lassen. Gegen Süden und Süd-Süd-Ost, hart an der Stadt, liegt das breite ebenfalls angespülte Thal des Flusses Kotorosly, das kaum in $^3/_4$ Stunden zu durchwandern ist. Krylow spricht wol die Vermuthung aus, dass vielleicht zu Blasius' Zeiten die von ihm beschriebene Entblössung existirt hat, später aber verschüttet wurde. Ich meinerseits kann es nicht zugeben wegen der vollkommenen Unmöglichkeit eine zur Beschreibung von Blasius passende Stelle zu finden. Ich bin eher zu der Voraussetzung geneigt, dass Blasius irgend wie seine Notizen verwechselt und das auf Jaroslaw bezogen hat, was er bei einer anderen Stadt gesehen, z. B. bei Pless, wo man in der That gegen Osten von der Stadt sehr bald Jura findet. Die uns interessirende Formation wurde von Murchison's Expedition in dem Gouv. Jaroslaw nicht beobachtet, aber auf der seinem Werke beigelegten Karte sehen wir, Blasius' Anweisungen entsprechend, Juraschichten aufgetragen. Diese Anweisungen fehlen auf der von Helmersen 1870 ausgegebenen geologischen Karte Russlands, dafür aber zeigt sie uns Jura in der Nähe von Lubim; worauf er das gründet ist in seiner die Karte begleitenden Erklärung nicht gesagt. Piktorsky[1]), der diese Gegend im Jahre 1867 untersuchte, hat dort keinen Jura gefunden, er erwähnt aber, dass er auf Bruchstücke von Belemniten gestossen sei. Aehnliche Bruchstücke wurden aus dieser Gegend Barbot de Marny zugestellt[2]).

Auf diese Weise wussten wir, so zu sagen, gar nichts über den Jura im Gouv. Jaroslaw bis zu den Excursionen von Prof. Stschurowsky, die er im Auftrage des Statistischen Comité's von Jaroslaw in den Jahren 1866 und 67 unternahm. Diesen Excursionen verdanken wir die Entdeckung eines sehr reichhaltigen und originellen Gliedes dieser Epoche in Russland[3]). Stschurowsky und besonders seine Gehülfen Jakuschkin und Petrowsky waren die ersten, die uns auf die Ortschaften zwischen Rybinsk und Myschkin hingewiesen haben, deren Beschreibung der Gegenstand meiner Abhandlung ist. Darin besteht eigentlich die Bedeutung der soeben genannten Excursionen. Was die Stratigraphie dieses Jura anbetrifft so kann man aus den Arbeiten von Stschurowsky nur die Theilung desselben in zwei Theile: den oberen sandigen und den unteren thonigen, schöpfen. Sich auf die Sitte der Erforscher des mittelrussischen Jura's stützend, passt Stschurowsky den ganzen unteren Theil der

1) Геолог. экскурс. по губ. Ярослав. и Костром. Труды Яросл. Статис. комит. 1868. Выпускъ IV.

2) Записки Минер. Общества, 1868, стр. 219.

3) Труды Ярослав. Статист. комитета, 1868. Вып. IV.

Moskauer untersten Etage an. Die oberen eisenschüssigen Sand- und Sandsteinschichten ist es ihm nicht einmal gelungen deutlich in zwei Etagen zu theilen, die der Moskauer mittleren Schicht mit *Perisph. virgatus* und der oberen mit *Amalth. catenulatus* entsprächen; denn hier unterscheiden sich diese Etagen petrographisch nicht so scharf, wie bei Moskau, und deshalb bedarf man zu ihrer Eintheilung einer an Ort und Stelle sorgfältig gemachten Sammlung paläontologischen Materials und kann sich keineswegs mit ausgewaschenen und am Ufer in Menge verstreut liegenden Bruchstücken begnügen. Und Stschurowsky's Excursionen waren seinen eigenen Worten nach, nur von kurzer Dauer. Kein geringeres Hinderniss bei der Zergliederung dieser rothen und gelben eisenschüssigen Sandsteinarten bot das Vorurtheil, dass die Leitmuschel *Aucella mosquensis* nur in den Schichten mit *Amalth. catenulatus* vorkommt, während man ihr nicht nur im Gouv. Jaroslaw, sondern auch bei Moskau in Mniowniky massenhaft in der mittleren Etage mit den *Perisph. virgatus* begegnet. Auf diese Weise wurden die mächtigen Sandsteinlager bei Glebowo-Iwanowsky die ohne Zweifel zu der Etage mit *Perisph. virgatus* gehören von Hrn. Stschurowsky, auf Grund dessen, dass man daselbst *Aucella mosquensis* fand, zur oberen Etage gerechnet. Da das paläontologische Material, welches Stschurowsky erhielt, hauptsächlich durch seine Gehilfen gesammelt wurde, die keine Specialisten in diesem Fache der Wissenschaft waren, so finden wir in den Verzeichnissen der für gewisse Schichten characteristischen Fossilien nicht selten ein Gemisch von solchen Formen, die nie miteinander vorkommen können, und in der That auch nicht vorkommen, wie es mir dreijähriges Sammeln paläontologischen Materials im Jaroslaw'schen Jura bewiesen hat. Jedenfalls aber verdienen die Arbeiten des Prof. Stschurowsky und des Statistischen Commité's von Jaroslaw tiefe Erkenntlichkeit der Geologen. Das Statistische Commité von Jaroslaw begnügte sich aber nicht mit der allgemeinen geologischen Uebersicht, die Prof. Stschurowsky vorstellte. In den nächsten Jahren 1869—70 beauftragte es mit dem Detailstudium des Geologischen Baues des Gouvernements Herrn A. A. Krylow, dem wir einen starken Band mit der ausführlichen Beschreibung dieses Gouvernements verdanken [1]). Leider lenkte Krylow seine ganze Aufmerksamkeit vorzugsweise auf dynamische Fragen der Geologie im Jaroslaw'schen Gouvernement. Da das Gebiet der Paläontologie nicht seine Specialität war, so beschränkte er sich sichtbar nur darauf die Fossilien nach den Werken von Quenstedt und Trautschold zu bestimmen. Wenn Krylow sich etwas mehr für paläontologische Fragen interessirt hätte, die der Eintheilung des jurassischen Systems in einzelne Perioden als einzige Grundlage dienen, so hätte er eine so merkwürdige Gegend nicht ohne Aufklärung gelassen, wie das Dorf Perebor, in dessen Umgebung, seinen Worten zufolge, so verschiedenartige Fossilien vorkommen, wie *Am. fulgens*, *fragilis*, *Tschefkini*, *cordatus*, *Aucella mosquensis*, *Avicula cuneiformis*, *Belem. Panderianus* und *Rhynchonella oxyopticha*, die darin ohne jede sichtbare Ordnung in den oberen Sandschichten,

1) Труды Ярослав. Статист. комитета. Вып. 7, 1871.

wie in den unteren Thonschichten vorkommen. Deshalb haben diejenigen Theile von Krylow's Werke, die sich auf den Jura beziehen, nicht den Werth, den diese emsige, ausführliche Arbeit hätte haben können, wenn nur der Paläontologie mehr Aufmerksamkeit geschenkt worden wäre. Dennoch verdanken wir Hrn. Krylow die Beschreibung und Darstellung vieler Durchschnitte, die leider rein petrographischen Characters sind, da die Fossilien nicht nach den petrographisch verschiedenen Schichten, die durch die Durchschnitte aufgedeckt werden, geordnet sind. Deshalb erscheinen in dem Werke Krylow's die Unterabtheilungen der Schichtungen, als wenn sie in den Augen des Geologen alle gleiche Bedeutung haben. Wir haben keine Möglichkeit darüber zu urtheilen, in welchem Masse diese Unterabtheilungen von dem Wechsel der organischen Welt begleitet wurden und in wie fern sie einfach eine Veränderung des Materials boten, das durch das ans Ufer schlagende Jurameer zerstört und durch die Strömung angeschwemmt wurde. Eine in den oberjurassischen Schichten oft vorkommende Erscheinung bildet z. B. die Veränderung des Aeusseren in den oberen jurassischen Sandsteinschichten durch das Oxydiren eisenhaltiger Verbindungen des Oxyduls zu Oxyd. Dieses Oxydiren erstreckt sich oft blos auf den oberen Theil ganz gleichartiger Schichtungen, die dadurch in zwei petrographisch verschiedene Etagen getheilt werden. Hier kommt die Paläontologie zu Hülfe, die Frage zu Gunsten der anfänglichen Gleichförmigkeit entscheidend. Noch mehr Schwierigkeiten bietet uns die Parallelisirung der zahlreichen Durchschnitte, die Krylow's Werk bietet. Die Petrographie allein thut hier nichts zur Sache, wenn sie nicht mit genauen Verzeichnissen der paläontologischen Ueberreste Hand in Hand geht. Im Gegentheil, wie mir meine umständlichen Beobachtungen, selbst auf einem so kleinen Fleck, wie das Dreieck zwischen den Städten Rybinsk, Mologa und Myschkin, gezeigt haben, sind gleichzeitige Schichten bei weitem nicht gleichartig in petrographischer Hinsicht und umgekehrt ganz gleiche Sandsteine bei Glebowo und Kamenik gehören zu ganz verschiedenen geologischen Epochen. Doch ich wiederhole es, Stschurowsky's Werk, das uns eine bemerkenswerthe jurassische Gegend entdeckt hat, ist für uns eben so wichtig, wie Krylow's Arbeit uns als umständlicher Wegweiser kostbar ist.

Indem ich jetzt zu meinen persönlichen Beobachtungen des Jaroslaw'schen Jura's übergehe, muss ich bemerken, dass ich bis jetzt nur das paläontologische Material der Gruppe Cephalopoda vollständig bearbeitet habe. Da aber diese Thiere das vorherrschende Element in den erhaltenen Ueberresten der organischen Welt in der jurassischen Epoche ausmachen, was besonders vom Jura im Gouv. Jaroslaw gilt, so halte ich es für möglich, allein schon auf Grund dieser Data, den Character der Schichtungen und den folgerichtigen Wechsel der Epochen im Verlauf der jurassischen Periode an genanntem Orte darzustellen.

Die Beschreibung der übrigen Ausgrabungen und einige allgemeine vervollständigende Schlüsse sollen den zweiten Theil meines Werkes bilden, den ich in kürzester Zeit auszugeben hoffe.

Zum Schlusse halte ich es noch für meine Pflicht, meine tiefe Erkenntlichkeit auszusprechen gegen Hrn. Prof. G. Stschurowsky und den ehemaligen Conservator der paläon-

tologischen Sammlung der Moskauer Universität, Herrn K. O. Milaschewitz, für die zu meiner Verfügung gestellte reichhaltige Sammlung jurassischer Fossilien, sowohl der im Gouv. Jaroslaw von der Expedition des Herrn Stschurowsky gesammelten, als auch der in diesem Museum aus verschiedenen europäischen und russischen Gegenden aufbewahrten. Das grösste Material zu Vergleichen fand ich jedoch in meiner eigenen ziemlich bedeutenden Sammlung jurassischer Fossilien aus Deutschland, Frankreich und England. Auch den Herrn Professoren Trautschold und Lahusen, die mich mit einigen mir fehlenden Werken versorgt und mit persönlichen, mir sehr theuren Rathschlägen unterstützt haben, bringe ich meinen innigsten Dank dar.

III. Beschreibung der Entblössungen.

Wenn man von der Stadt Rybinsk aus den Lauf der Wolga hinauf verfolgt, so bemerkt man anfangs ganz niedrige Ufer. Diesen Anblick bieten sie auf der Strecke von ungefähr sieben Werst, bis zu einem kleinen Bache, der zwischen den Dörfern Sterliadewo und Fominsk von der rechten Seite in die Wolga mündet. Von der Mündung dieses Baches beginnt das rechte Ufer der Wolga rasch zu steigen und es zeigt sich auf einmal Jura bis zu seinen untersten in Jaroslaw bekannten Schichten. Von hier zieht sich der Jura als ununterbrochene 8 Werst lange Mauer dicht bis an das Dorf Jurschino, wo er über der Flussmündung mit Wald bewachsen ist und mit dem allmählich sich senkenden rechten Wolga-Ufer gänzlich schwindet. Auf dieser ganzen Strecke behält der Jura denselben Character. Stellweise kommen die Entblössungen ganz zum Vorschein, stellweise sind die oberen Sandsteinschichten bis zu vollkommener Vernichtung ausgewaschen. Heruntergeglittener Diluvialsand und Thon verbergen uns oft die oberen Glieder des Jura; öfter noch verschütten obere lockere Sandarten des Jurá selbst die darunter liegenden Thonarten und verlangen von Seiten des Erforschers grosse Vorsicht, um nicht zu verwechseln, zu welcher Etage die Fossilien gehören. Deshalb werde ich beim Ordnen der Versteinerungen nach Gegenden und Etagen nur diejenigen derselben anführen, die ich selbst gefunden habe und über deren Stelle ich nicht den geringsten Zweifel hegen kann. Zur allgemeinen Characteristik der Gegend möchte ich hinzufügen, dass das Austreten der Wolga im Frühjahr auf einer Strecke von mehreren Faden landeinwärts vom normalen Ufer die oberen Sandsteinglieder der jurassischen Formation bis dicht an die thonhaltige Unteroxfordschicht mit *Am. cordatus*, ja stellweise selbst diese letztere, zerstört und abgeschwemmt hat. Deshalb bemerken wir am Horizont dieser Schicht eine breite flache Terrasse, die die Juramassen in zwei Abstufungen theilt, von denen die untere thonhaltige dem Flusse zunächst liegt, und die obere sandige, steilere von demselben 100 — 200 Fuss entfernt ist. Die Oberfläche der Terrasse ist selten entblösst; mei-

stentheils ist dieselbe mit Gras bewachsen und von den Quellen, die auf der Grenze zwischen den Sand- und Thonschichten entspringen, sumpfig. Das ist der Grund, weshalb die Oxfordetagen sich uns nur stellweise zu erkennen geben, und von meinen Vorgängern, die sie von den Kelloway nicht unterschieden haben, übersehen wurden. Auf der ganzen Strecke zwischen Fominsk und Jurschino werde ich nur einige Durchschnitte anführen, die unsere Aufmerksamkeit verdienen.

a) Die Entblössung gegenüber dem Dorfe Fominsk.

Die oberen Sandschichten sind noch mit Ueberresten des Einsturzes bedeckt; auf der Terrasse findet man:

3) Concretionen von Thon und Kalk von hellgrauer Farbe und Eisenoolith enthaltend; darunter wurde ein abgebrochenes Stück *Pelt. arduenense* gefunden. Deutlich entwickelt sind die beiden unteren Etagen:

2) Die oberen Horizonte von dunkelgrauem Thon sind äusserst arm an Fossilien (*Bel. extensus* und einige kleine Astarte).

1) Dunkelgrauer Thon: *Steph. Tschefkini, compressum, Milaschevici, Cosm. Jason, Gulielmii. Bel. subabsolutus.*

b) Die Entblössung bei dem Dorfe Perebor.

Unter der Bodenschicht tritt hervor:

6. Eine Schicht gelblicher und grünlicher eisenhaltiger Sandarten, die dunklere Sandsteinconcretionen mit schlecht conservirten Versteinerungen enthalten; unter diesen unterscheidet man: *Amalth. fulgens, Perisph. okensis.* Die Grenze zwischen dieser Schicht und der folgenden ist nicht deutlich, da sie mit Schutt bedeckt ist.

5. Röthlicher eisenschüssiger Sandstein, locker, bröckelig, in gelben Sand übergehend.

4. Thoniger schwarzer Sand, stellweise von den höherliegenden Arten ganz verschüttet.

3. Hellgrauer Thon, der thonigkalkige Concretionen, hin und wieder mit Eisen-Oolithkörnern, enthält. *Amalth. cordatus, excavatus, vertebralis; Pelt. arduenense; Belem. Panderianus.*

2. Dunkelgrauer Thon mit *Bel. extensus.*

1. Dunkelgrauer Thon. *Steph. Tschefkini, compressum; Cosm. Jason; Bel. extensus, subabsolutus.*

Dieser Durchschnitt wird sowohl von Stschurowsky[1]) als auch von Krilow[2]) er-

1) Труды Яросл. Стат. комит. 1868. Вып. IV, стр. 184. | 2) idem 1871. Вып. VII, стр. 201.

wähnt. Jedoch führen beide Verfasser ein höchst buntes Gemisch von Versteinerungen dieser Gegend an. Stschurowsky unterscheidet hier von meinen Etagen nur die vierte und erste, während er die 5-te und 6-te für Diluvium hält. Im schwarzen thonigen Sande (der mit Unrecht Mergel genannt wird, da er gar keinen Kalk enthält) weist er auf Zwischenschichten von Ocker mit Versteinerungen aus der oberen, mittleren und unteren der Moskauer Etagen durcheinander gemischt. Meine Nachforschungen haben mir deutlich gezeigt, dass es keine Zwischenschichten sind, sondern Schutt von der 6-ten und 5-ten Etage, der die Schichten 4 und 3 stellenweise in regelmässigen Reihen verdeckt. Diese regelmässigen Reihen von sich abgelagerndem Schutte, die den Beobachter betrügen, sind das Product des Anpralles der Wellen des allmählich seichter werdenden Flusses. Die geringsten Nachgrabungen genügen um sich zu überzeugen, dass diese an verschiedenen Fossilien reichen Zwischenschichten nur eine oberflächliche Erscheinung bilden. Im schwarzen thonigen Grunde finden wir weder *Am. fulgens*, noch *Perisph. virgatus*. Krilow führt wol in seinem Durchschnitte meine Schichten № 5 und 6 an, aber er unterscheidet nicht die schwarzen thonhaltigen Sandarten № 4, den Thon № 3 vom Thon № 1 und 2. Endlich bringt auch er ein so buntes Verzeichniss, nach welchem Steph. Tschefkini in den Sandarten № 5 und 6, und *Amalth. fulgens* im dunkeln Thon № 7 vorkommen.

c) Entblössung beim Dorfe Ljgowetz.

7. Rother Sandstein in dem *Lima Wolgensis* gefunden wurde, unter der Bodenschicht nur wenig hervorragend.

6. Grünliche, graue und gelbe Sandarten, die in dunkle Concretionen übergehen, diese enthalten: *Amalth. fulgens*, *Perisph. okensis*, *subditoides*.

5. Rother eisenschüssiger Sandstein, der oben und unten in dunkle und grünliche Eisen-Thon-Concretionen übergeht. Alle drei Schichten enthalten *Perisph. virgatus*, *Lahuseni*. Schutt, der № 4 und 3 verdeckt.

2. Dunkelgrauer Thon, der *Amalth. Leachi*, *Steph. Tschefkini*, *Bel. Panderianus*, *Bel. extensus* enthält.

1. Dunkelgrauer Thon, der *Steph. Tschefkini; Cosm. Jason*, *Castor; Nautilus Wolgensis; Bel. extensus*, *subabsolutus* enthält.

d) Entblössung zwischen den Dörfern Bolobanowo und Selikowo.

Der vollständigste und interessanteste jurassische Durchschnitt der Gegend. Nach der Bodenschicht und einer unbedeutenden Lage von diluvialem gelben Thon folgen:

6. Grünlicher und gelblicher Sand mit Concretionen, die *Am. fulgens* enthalten.

5. Rother Sandstein, der oben und unten in grünliche Concretionen übergeht, welche *Perisph. virgatus*, *Lahuseni*; *Belm. absolutus* enthalten.

Die untere Schicht der Concretionen ist grösstentheils mit Schutt bedeckt, unter dieser blickt hervor:

4. Schwarzer thoniger Sand mit schwarzen Kalk-Sand-Concretionen. *Bel. Panderianus.*

3. Hellgrauer Thon mit kalkthonigen Concretionen, stellweise mit Oolit-Eisensteinkörnern. *Amalth. cordatus, excavatus, vertebralis, Rouilleri, rotundatus, tenuicostatus, quadratoides*; *Perisph. plicatilis, Bolobanowi; Pelt. arduenense, Aspid. perarmatum*; *Bel. Panderianus.*

2. Dunkelgrauer Thon, darin in Menge *Amalth. Leachi, Lamberti, Rybinskianus, Mologae; Cosm. ornatum, Duncani; Steph. Tschefkini; Bel. Panderianus, extensus.*

1. Dunkelgrauer Thon, der *Steph. Tschefkini, compressum, Milaschevici; Cosm. Jason, Gulielmii; Bel. extensus, subabsolutus* enthält.

Zur Characteristik der Entblössungen zwischen Fominsky und Jurschino sei noch hinzugefügt, dass die oberen Sandschichten starken Verheerungen durch die Frühjahrsüberschwemmungen der Wolga ausgesetzt sind, so, dass die Entblössungen sich mit jedem Jahre verändern. Die angeführten Durchschnitte entsprechen dem, was ich das letzte Mal, d. h. im Sommer 1879 gesehen habe.

Oben ist gesagt worden, dass das rechte Wolga-Ufer oberhalb des Dorfes Jurschino sich allmählich senkt und endlich zum Wiesenufer wird. Dagegen erhebt sich das linke Ufer und bildet dem Dorfe Kamenik gegenüber eine kleine Anhöhe. Von hier erstreckt sich das Ufer fast als senkrechte Mauer den Fluss hinan auf einer Strecke von mehr als vier Werst, bis zum Dorfe Potschinok, einen gleichmässigen petrographischen Bau beibehaltend, als dessen Model ich den Durchschnitt an dem Bache annehme, der sich bei dem Dorfe Kamenik in die Wolga ergiesst, da diese Gegend besonders reich an Versteinerungen ist.

7. Gelber Sand, der unten in ein bedeutendes Lager harten, rothen, eisenschüssigen Sandsteines übergeht, der besonders in den unteren Horizonten eine Menge Muscheln enthält, die ich *Lima Wolgensis* nenne und in dem zweiten Theile meines Werkes beschreiben werde. Ammoniten enthält dieser Sandstein fast nicht, ich hatte nur Gelegenheit eine in meinen Händen sich zerbröckelnde Form zu finden, die an *Perisph. subditus* Tr. erinnerte, aber es gelang mir nicht dieselbe hinreichend zu untersuchen, um das behaupten zu können. Doch habe ich in diesem Sandsteine eine bedeutende Anzahl von Versteinerungen gefunden, die ihn der Moskauer Etage mit *Perisph. subditus* gleich stellen; und namentlich: *Inoceramus cuneiformis, Pecten nummularis, Cardium concinnum, Waldheimia Royeriana, Trigonia costata.*

6. Gelblichgrüne Sandarten mit dunkelgrünen Concretionen, die eine unzählige Menge ausgezeichnet conservirter Ammoniten enthalten — *Amalth. fulgens, subfulgens*; *Perisph. okensis, subditoides, fragilis.*

5. Eisenschüssiger Sandstein am Wasserspiegel (keine Fossilien bietend).

Merkwürdigerweise hat Krylow hier die Schicht № 6 nicht gefunden, während doch dieselbe thatsächlich durch ihren Reichthum an herrlichen und originellen Ammoniten, die Zierde des Jaroslawer Jura bildet. Es wäre kein Wunder, wenn die Gegend seit Krylow's Reise vom Flusse stark ausgespült und dadurch der Durchschnitt viel besser entblösst worden wäre als früher. Wiederum aber scheint es, dass die oberen Sandschichten bei Ljgowetz, Bolobanowo vor zehn Jahren hätten deutlicher zu sehen sein müssen; denn seit meinen dreijährigen Beobachtungen habe ich sie mit jedem Jahre immer mehr eingestürzt gefunden.

Von hier an bleiben die beiden Wolgaufer bis zur Stadt Mologa und noch ungefähr fünf Werst weiter oberhalb derselben niedrig, und bietem dem Erforscher der Juraformation nichts Interessantes.

Das linke Ufer hebt sich schon gleich von der Stadt an, erreicht aber seine grösste Höhe erst in einer Entfernung von 8 Werst bei dem Dorfe Schumarowo. Dabei muss bemerkt werden, dass der obere sandige Vorsprung hier meistentheils vom Flusse ziemlich weit absteht, so, dass zwischen den Entblössungen der unteren thonigen Juraschichten und der oberen sandigen eine breite mit Wiesen bewachsene Terrasse liegt. Ein grosser Theil dieses oberen Vorsprunges besteht aus weissem und gelbem Flugsand, der in lockere eisenschüssige Sandsteine übergeht, die nur hin und wieder unter den Ablagerungen der oberen Lagen hervorblicken. Hart am Ufer, unweit des Dorfes Schumarowo sieht man:

5. Gelben thonigen Sandstein, sehr locker, leicht auseinanderfallend und ohne Fossilien.

4. Schwarzen, sandigen Thon mit *Bel. Panderianus*. Die Grenze dieser Schicht ist nach unten zu nicht deutlich.

2. Hellgrauen thonigen Kalkstein, der sich in viereckige Tafeln spaltet und *Cosmoceras Duncani, ornatum, Bel. extensus* enthält.

1. Dunkelgrauer Thon, sehr viel Kies und die Fossilien: *Stephan. Tschefkini, compressum; Cosm. Jason, Gulielmii, Castor; Bel. extensus, subabsolutus* enthaltend.

Denselben Character behält die Gegend noch ungefähr zwei Werst oberhalb Schumarowo, wonach sich das Ufer entschieden senkt.

Vom Dorfe Kutkowo aus, fünf Werst oberhalb Mologa, wird das rechte Ufer höher. Fast wie eine senkrechte Mauer zieht es sich bis zum Dorfe Krutez und noch etwas über dasselbe hinaus. Die Herren Stschurowsky und Krilow fanden hier unter dem Flugsande schwarzen Thon, unter welchem ein bedeutendes Lager von rothem Thone liegt; in diesem zeigt uns Krylow Belemniten und Ammoniten an, ohne übrigens dieselben zu nennen, wäh-

rend er für andere Schichten, welche Fossilien enthalten, Verzeichnisse von diesen letzteren giebt. Leider besuchte ich diesen Ort erst auf meiner letzten Reise und fand dort dicht bei dem Dorfe Kutkowo eine Schicht rothen Thon, doch ohne jede Spur von Versteinerungen und nicht von schwarzem Jurathon verdeckt. Ich übernehme es nicht das Verhältniss dieses Thones zu Jura zu bestimmen, da ich hierzu kein Material habe. Die Anwesenheit der von Prof. Krylow darin gefundenen Belemniten beweist nichts, da diese harten Versteinerungen nicht selten auch im abgeschwemmten Diluvialthone vorkommen. Es ist mir nicht einmal gelungen die Basis zu sehen, auf der dieser rothe Thon liegt. Aber gerade bei der Einfahrt ins Dorf Krutez vom Süden habe ich die folgende Ordnung der Schichtungen deutlich sehen können: Flugsand, der die oberen jurassischen Schichten trübt.

4. Schwarzer Thon mit *Belemnites Panderianus*, der in einer kleinen Schlucht deutlich zu sehen ist, aber dessen Basis leider unbekannt bleibt.

2. (3.?) Hellgrauer Thon.

1. Dunkelgrauer Thon, der *Steph. Tschefkini*, *Bel. extensus*, *subabsolutus* enthält.

Schon bei dem Dorfe Krutez werden ganze Lager gelben und weissen Flugsandes im Verhältniss zu den oberen Sandschichten jurassischer Formation vorherrschend. Von hier ziehen sich diese Massen Flugsand sammt allen oberen eisenschüssigen Sandsteinetagen des Jura immer mehr und mehr vom Flusse nach Osten zurück, dabei zwischen sich und diesem breite, Ueberschwemmungen ausgesetzte Wiesen lassend; und erst 10 Werst weiter bei dem Dorfe Koprino nähern sich diese Sandhügel von neuem dem Flusse. Auf dieser ganzen Strecke von zehn Werst bilden die oberen jurassischen Sandetagen nirgends einen Durchschütt. Sie sind durchweg mit Flugsand bedeckt, der nur mit kärglichen Spuren von Akkererde meistentheils direct an die Oberfläche gelangt. Am Flusse bleibt allein der untere thonige Vorsprung, der hin und wieder die zur Grundlage dienenden Schichten zeigt. So beobachtete ich unweit des Dorfes Meriatino, etwas oberhalb desselben, grauen Thon mit *Bel. extensus* und *Steph. Tschefkini* den blätteriger, schwarzer, sandiger Thon mit *Bel. Panderiunus* verdeckte.

Das oben genannte Dorf Koprino bietet eine der merkwürdigsten Gegenden dieses Gebietes wegen des Characters seiner jurassischen Ablagerungen. Oberhalb der Kirche, dort, wo der obere Sandvorsprung fast dicht an den Fluss tritt, liegt unter der Bodenschicht:

7. Eisenhaltiger Sand.

6. Eisenhaltige Sandarten, stellweise thonig mit einer geringen Anzahl von Concretionen, in denen man *Perisph. subditoides* und *Amalth. fulgens* unterscheidet.

5. Rother eisenschüssiger Sandstein, oben in Sand übergehend, welcher Concretionen mit *Perisph. Lahuseni*, *bipliciformis* enthält.

Die untere Grenze dieser Etage wird durch Bruchstücke und Schutt verdunkelt, unter diesen tritt hervor:

4. Schwarzer, sandiger, schieferiger Thon, mit Glimmer; diese enthalten thonigkalkige

schwarze Concretionen mit zahlreichen Fossilien der Oxfordetage, und namentlich: *Amalth. alternans*, *Bauhini; Perisph. stephanoides*, *Martelli*, *Fraasiiformis; Bel. Panderianus*.

Alle niedriger liegenden Schichten befinden sich hier schon unter dem Wasserspiegel, der Wolga. Von der Kirche nach Norden, dort wo die sandige Gruppe immer mehr und mehr vom Flusse zurücktritt, zieht sich noch der Oxfordthon auf einer beträchtlichen Strecke längs dem Ufer, sich allmählich unter die neueren Ablagerungen des Flussthales verbergend. Von Koprino aus erstreckt sich das rechte Wolga-Ufer hinauf bis zum Dorfe Glebowo, auf einer Strecke von zehn Werst die Eintönigkeit der Form beibehaltend. Wir sehen hier überall schwarzen Oxfordthon, der den untersten Vorsprung des Ufers bildet. Nach diesem Vorsprung folgt eine breite Terrasse, die mit kleinen Sümpfen, stellweise mit bedeutenden Torflagern bedeckt ist, welche zuweilen bis dicht an den Fluss hinabsteigen und den schwarzen Thon verdecken. Etwas weiter kommt ein sandiger Vorsprung von demselben Character, wie bei Koprino, mit Schichten die meist von sandigen Ablagerungen bedeckt werden. Ich möchte noch bemerken, dass die Sandsteinetage № 5, je näher zu den Dörfern Iwanowskoe und Glebowo, desto vorherrschender wird im Verhältniss zu den höherliegenden Etagen, welche bei diesen Dörfern fast gänzlich verschwinden. Die deutlichste Entwickelung und den grössten Reichthum an Versteinerungen erreicht die Etage № 5 bei den Dörfern Iwanowskoe und Glebowo, die an einem und demselben steilen Wolgaufer, nur durch den kleinen Fluss Talitza getrennt, einander gegenüber liegen. Als den vollständigsten führe ich hier den Durchschnitt des Ufers bei der Dorfschule von Glebowo an.

Sand- und Thonarten, die diluviale Kieselsteine enthalten.

6. Grünliche und gelbliche Sandarten mit einer geringen Anzahl von Concretionen, in denen *Perisp. okensis* gefunden wurde.

5. Mächtige Schichten von eisenschüssigem Sandstein mit Zwischenschichten von gelben Sandarten und Concretionen, die Versteinerungen enthalten. Diese letzteren befinden sich hier vorzugsweise in zwei Horizonten, die durch eisenschüssigen Sandstein getrennt werden. Jedoch sind in beiden Schichten folgende gleiche Formen: *Perisph. Lahuseni*, *Stschurowskii*, *virgatus*, *bipliciformis*; *Belem. absolutus* und eine Menge Species anderer Thiergruppen, die sie mit den Moskauer Schichten mit *Perisph. virgatus* gemein haben. Indem ich die Ausgrabungen der oberen Schicht von denen der unteren sorgfältig trennte, habe ich bis jetzt nur eine Form bemerkt, die nicht aus der unteren Schicht in die obere übergeht; das ist die bekannte Species der Moskauer Schichten *Pecten solidus*. Noch muss ich bemerken, dass die untere, an Fossilien reiche Schicht sich auch petrographisch von der oberen unterscheidet; die Körner des Sandsteines in derselben sind unvergleichlich gröber.

4. Schwarzer, sandiger, schieferiger Thon, *Bel. Panderianus* enthaltend. In demselben sind aber nicht jene merkwürdigen an Versteinerungen so reichen Concretionen, wie sie bei Koprino vorkommen. Krylow gibt uns für Glebowo und Iwanowskoe mehrere Durchschnitte, in denen er jede Varietät in den Sandsteinarten der Schichten bezeichnet. Aber blos der Vergleich dieser Durchschnitte zeigt uns, dass die angeführten kleinen Unterabtheilungen

fast alle 50—70 Fuss wechseln, weshalb sie nicht von ernster Bedeutung sind. In den Verzeichnissen der Fossilien aus eisenschüssigem Sandstein zwischen Koprino und Glebowo notirt Krylow mehrere Mal, dass *Amalth. fulgens* und *Perisph. fragilis* in einer Schicht mit *Perisph. virgatus* gefunden wurden. Im Verlauf von drei Jahren habe ich viel Zeit daran gewandt diese Gegend zu erforschen, jedes Ammonitstückchen habe ich aufgelesen, wenn ich überzeugt war, dass es nicht angeschwemmt ist, und habe nichts dergleichen gesehen. Ausgespülte, von den oberen Etagen herabgeworfene Ammoniten fand ich freilich viele unten, hielt mich aber nicht für berechtigt den Schluss zu fällen, dass sie zu der Schicht gehören, auf deren Horizonte ich sie gefunden hatte; um so mehr wenn dieser Schluss dem durch die Arbeiten vieler Geologen gewonnenen Resultate widerspricht, dass die Ammoniten sehr characteristische Repräsentanten gewisser Etagen sind, und nur selten aus einer Etage in die andere übergehen. Eines von beiden, entweder hat Herr Krylow die herabgewor-Exemplare für Grundfossilien dieser Schicht gehalten, oder sind seine *fulgens* und *fragilis* gar nicht die Formen, die wir unter diesem Namen meinen.

Oberhalb Glebowo verliert der Jura an Interesse. Man kann ihn wohl noch auf einer Strecke von 30 Werst jenseit Myschkin, bis zum Dorfe Utschma verfolgen, aber nirgends mehr enthält er die ganze Stärke seiner Schichten. Hin und wieder bemerkt man noch einige unbedeutende Entblössungen und kann zwei, drei jurassische Formen finden, aber das ist auch Alles. So z. B. sieht man bei dem Dorfe Gorodok die oberen Sandsteinglieder des Jura. Bei dem Dorfe Terentiewo finden wir schwarzen Thon mit *Bel. Panderianus*. Bei Utschma bemerken wir eisenschüssigen Sandstein, in dem ich den *phragmoconus* eines Belemniten gefunden habe. Obgleich die Ufer von Glebowo bis Utschma an vielen Stellen hoch sind, so bildet doch ihre Hauptmasse diluvialer Thon mit Kieselsteinen.

IV. Vergleich der Ablagerungen.

Auf der ganzen weiten Fläche zwischen den Städten Rybinsk, Mologa und Myschkin sehen wir leider nirgends den Grund, auf dem diese Schichten ruhen; und das ist um so verdriesslicher, als wir berechtigt sind, hier das Vorhandensein einer noch tieferen Etage jurassischer Formation zu erwarten, einer Etage, deren Entwickelung im mittleren Russland durch die neueren Nachforschungen immer mehr und mehr zum Vorschein kommt. Ich meine die Etage, die unter den Ammoniten den Typus *Steph. macrocephalum* enthält. Zur Erläuterung des Entwickelungsganges der Juraperiode in Russland würde jedenfalls die Bejahung oder Verneinung der Frage von der Existenz dieser Etage im Gouvernement Jaroslaw, als im äussersten Nord-Ost des mittelrussischen jurassischen Bassins, in theoretischer

Beziehung von grosser Wichtigkeit sein. Als allerunterste an den Ufern der Wolga hier entblösste Schicht erscheint:

№ 1. Die Etage mit Steph. compressum.

Eine Schicht dunkelgrauen, plastischen Thones, der nicht schieferig ist. Dieser Thon ist stellweise reich an Eisenkies, der sich oft zu ziemlich grossen Würfeln und Oktaëdern krystallisirt. Der grösste Theil der Versteinerungen darin ist zu Kies verwandelt. Die Ammoniten behalten zuweilen die Perlmutterschicht der Muschelschale, sind aber mit Kies ausgefüllt. Den Belemniten dieser Schicht ist ihr Rostrum, der aus strahlendem Kalkstein besteht, gut erhalten geblieben. Die Höhe der Etage kann nicht einmal annähernd bestimmt werden, da wir nicht wissen, wie tief er sich unter dem Wasserspiegel der Wolga hinzieht. An einigen Stellen wie z. B. Schumarowo und Bolobanowo erreicht er die Höhe von 8 Fuss über dem Wasser. Dieser Thon hat in der ganzen Gegend dieselbe Farbe und Plasticität, keine schieferige Beschaffenheit und ist ohne Sandbeimischungen, wodurch er sich von den ihm verwandten Oxfordthon scharf unterscheidet. Diese Etage enthält:

Stephan. Tschefkini.
Steph. compressum.
Steph. Milaschevici.
Cosm. Jason.
Cosm. Gulielmii.
Cosm. Castor.
Nautilus Wolgensis.
Bel. extensus.
Bel. subabsolutus.

Von diesen Species gehen nur *Steph. Tschefkini* und *Bel. extensus* in die folgende Etage über. Die hier am öftesten vorkommenden Formen sind *Steph. Tschefkini, compressum; Cosm. Gulielmii; Bel. extensus* und *subabsolutus*. Das häufige Vorhandensein von in Kies verwandelten Stücken Nadelholz weist auf die Nähe des Ufers hin.

№ 2. Die Etage mit Amalth. Leachi.

Der petrographische Character dieser Etage und die Beschaffenheit der Versteinerungen sind meistentheils von der vorhergehenden nicht zu unterscheiden. Eine Ausnahme bildet die Gegend bei Schumarowo und Krutez, wo diese Etage als hellgrauer, thoniger Kalkstein

vorkommt, der in mässige Quader zerfällt. Die Höhe dieser Etage übersteigt nicht 3 bis 4 Fuss.

Amalth. Lamberti.
Amalth. Leachi.
Amalth. Rybinskianus.
Amalth. Mologae.
Cosm. ornatum.
Cosm. Duncani.
Steph. Tschefkini.
Bel. extensus.
Bel. Panderianus.

Von diesen Versteinerungen kommen am öftesten *Amalth. Leachi* und *Cosm. ornatum* vor. Sehr selten sind die *Steph. Tschefkini* und *Amalth. Lamberti. Belemnites Panderianus* allein geht von hier in die folgende Etage über.

№ 3. Die Etage mit Amalth. cordatus.

Der petrographische Bau dieser Etage bietet hellgrauen, sandigen Thon, mit Zwischenlagen von thonigkalkigen Concretionen, in denen stellweise Körner braunen Eisensteines vorkommen. Vollkommen deutlich ist diese Schicht nur zwischen Fominsk und Jurschino. Bei Schumarowo, Krutez und Kutkowo ist sie entweder ganz abgeschwemmt, oder mit Schutt verdeckt. Vielleicht auch, dass der Thon, der sie bildet, sich durch seine Farbe dem Thone der folgenden Etage nähert; der Mangel an Versteinerungen aber erlaubt mir nicht dieses zu behaupten. Die Etage mit *Amalth. cordatus* bietet eine Schicht von 1—2 Fuss Dicke, nicht mehr, und ist wie schon gesagt, meistentheils ausgewaschen; der thonige und der sandige Vorsprung am Ufer werden durch eine Terrasse getrennt. Die Versteinerungen dieser Schicht sind gewöhnlich nicht in Kies verwandelt, aber mit derselben thonig-sandigen Masse gefüllt, die die Concretionen bildet. Zuweilen ist der Kies in den innersten Windungen der Ammoniten abgelagert. Die Belemniten behalten auch hier ihr Rostrum. Diese Etage enthält:

Amalth. cordatus.
Amalth. excavatus.
Amalth. vertebralis.
Amalth. rotundatus.
Amalth. tenuicostatus.
Amalth. Rouilleri.
Amalth. quadratoides.

Perisph. plicatilis.
Perisph. Bolobanowi.
Pelt. arduenense.
Aspid. perarmatum.
Bel. Panderianus.

Aus diesem Verzeichniss sind es nur die *Bel. Panderianus*, die schon in der Etage mit *Am. Leachi* vorkommen, die in die folgende Etage mit *Amalth. alternans* übergehen.

№ 4. Die Etage mit Amalth. alternans.

Diese Etage besteht aus schwarzen sandigen Thonarten mit weissen Glimmerflittern. Stellweise sind diese Thonarten schieferig wodurch sie sich von den darunterliegenden grauen Thonarten scharf unterscheiden. Stellweise bemerkt man in denselben schwarze thonig-kalkige Concretionen, wo sich die Fossilien concentriren. Die Höhe dieser Etage beträgt 10 Fuss und darüber. Die Versteinerungen sind mit einer thonig-kalkigen Masse gefüllt und haben meist ihre Muschelschale eingebüsst:

Amalth. alternans.
Amalth. Bauhini.
Perisph. Stephanoides.
Perisph. Fraasiformis.
Perisph. Martelli.
Bel. Panderianus.

Von den genannten Fossilien geht keine einzige in die folgende Etage über. *Bel. Panderianus*, die schon in der Etage mit *Amalth. Leachi* erscheinen, schliessen mit dieser Etage. Die Versteinerungen sind äusserst ungleichmässig vertheilt. Koprino allein ist mit denselben reich versehen; die übrigen Orte bieten ein Thonlager, in dem nur gut erhaltene Rostri der *Bel. Panderianus* vorkommen.

№ 5. Die Etage mit Perisph. virgatus.

Das petrographische Material der jurassischen Ablagerungen an der Grenze der Etagen № 4 und 5 verändert sich. Die Thonarten werden durch Sandarten ersetzt. Doch geschieht diese Veränderung nicht plötzlich; schon die vorhergehende Etage enthält einen bedeutenden Zusatz an Sand und höher wird der Sand zum vorherrschenden Element. Was sich aber ziemlich rasch verändert, das sind die Ingredienzien, die den verschiedenen Arten als Färbe-

stoff dienen. Der bituminöse Stoff, der die vorhergehenden Schichten dunkel färbte, erhält sich hier nur stellweise in unbedeutenden Schichten; er wird durch Eisenverbindungen von Oxydul und Oxyd ersetzt, welche die Art theils grünlich, doch am öftsten gelb und roth färben. Die ganze Etage, die z. B. bei Glebowo eine Höhe von 60 Fuss erreicht, besteht aus aufeinanderfolgenden Schichten von eisenschüssigem Sandstein und Flugsand. Der Sandstein erscheint bald ganz fest, bald locker, in Sand übergehend oder Concretionen enthaltend, in denen die Sandkörner durch thonig-kalkigen Cement zusammengekittet sind. Von allen diesen Schichten kommt am beständigsten fester Sandstein vor, der oben und unten an Schichten mit Concretionen grenzt, die zwei an Fossilien reiche Horizonte bilden. Beide Horizonte enthalten:

Perisph. virgatus.
Perisph. Lahuseni.
Perisph. Stschurowskii.
Perisph. bipliciformis.
Bel. absolutus.

Alle die Versteinerungen gehören ausschliesslich dieser Etage an. Die Ammoniten haben nur den innern Abdruck aufzuweisen, da ihnen die Muschelschale fehlt. Die Belemniten bieten dem Phragmoconus und den äusseren Abdruck des Rostrum, was uns einen genauen Gypsabdruck der Belemniten zu machen ermöglicht. Stücke Nadelholz trifft man ziemlich oft.

№ 6. Die Etage mit Amalth. fulgens.

Der Mineralgehalt derselben ist überall gleich. Das sind gelbliche und grünliche Sandarten, die ganze Reihen von Sandconcretionen enthalten, welche durch thonigkalkigen Cement verbunden werden. Stellweise bilden diese Concretionen ein wahrhaft muschelartiges Conglomerat. Die Schicht wird nirgends über 4 bis 5 Fuss hoch. Den ausgegrabenen Ammoniten ist theilweise ihre Perlmutterschicht, ihre Wohnkammer und Mündung ausgezeichnet erhalten geblieben. Nadelholzüberresten, welche die Nähe des Ufers verrathen, begegnet man auf Schritt und Tritt. Die Etage enthält folgende Formen:

Amalth. fulgens.
Amalth. subfulgens.
Perisph. okensis.
Perisph. subditoides.
Perisph. fragilis.

Von allen diesen Formen ist es nur die eine, *Perisph. subditoides*, die in die nächste

Etage übergeht, doch nicht im Jaroslaw'schen Jura, wo diese Etage arm an Ammoniten ist, aber in den jurassischen Schichten in der Umgegend Moskau's.

№ 7. Die Etage mit Perisph. subditus.

Der Mineralbestand dieser Etage ist eisenschüssiger Sandstein, der in den unteren Schichten fest ist, in den oberen locker wird, immer mehr und mehr auseinanderfällt bis er endlich zu Flugsand wird, der anfangs gelb, und dann nach oben zu weiss ist. Die Höhe dieser Schicht kann nicht genau angegeben werden, da der Sand beständig einstürzt und abgeschwemmt wird. Bei dem Dorfe Kamenik wird jedoch die Sandsteinschicht über 15 Fuss hoch. Die Versteinerungen dieser Schicht kommen ausschliesslich als Abdrücke vor. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass man Cephalopoda hier sehr selten findet, so dass ich nicht ganz überzeugt bin, ob das von mir gefundene und zwischen den Fingern zerbröckelte Exemplar zu der Species der *Perisph. subditus* zu rechnen ist. Die bedeutende Menge von Formen, die der Choroschow'schen Schicht mit diesen characteristischen Ammoniten gemein sind, spricht jedoch für die Richtigkeit eines Vergleiches des oberen Sandsteines im Jura von Jaroslaw mit der oberen Choroschow'schen Etage, ganz abgesehen von ihrer stratigraphisch gleichen Lage.

Darauf wird unsere Aufmerksamkeit durch den Flugsand gefesselt, der die Jurabildungen im Gouv. Jaroslaw bedeckt. Dieser Sand ist, wie schon erwähnt, anfangs eisenhaltig und bildet nach oben zu eine Quarzschicht von ganz weisser Farbe. Es ist bemerkenswerth, dass überall, wo der Jura im westlichen Strich des mittelrussischen Bassin's d. h. in den Gouvernements Moskau und Jaroslaw, als abgeschlossen vorkommt, wo keine späteren dynamischen Processe die oberen Schichten zerstört haben, derselbe mit quarzartigem Flugsand und festem, reinem Sandstein schliesst. Diese Sandarten und Sandsteine haben augenscheinlich einen Küstencharacter und weisen auf das Zurücktreten des Meeres gegen Ende der jurassischen Epoche hin. Als Beweis dazu dienen die daselbst oft vorkommenden zahlreichen Abdrücke von solchen Pflanzen, die auf fester Erde wachsen. Dergleichen sind in der Umgegend von Moskau die weissen Sandarten auf den Sperlingsbergen, die hellgelben bei Choroschowo, die Sandsteine bei Tatarowo, Kotelniki, Witkrino und in der Umgegend von Klin. Zu diesen muthmasslichen Ablagerungen des zurücktretenden Meeres muss man auch den Flugsand von Schumarowo, Krutez, Koprino und Kamenik im Jaroslaw'schen Jura rechnen.

Noch eine kleine Bemerkung. Obgleich ich annähernd die Höhe der Schichten mit Fussen bezeichne, so muss ich doch hinzufügen, dass die Angabe des Maasses, meiner Meinung nach, von keiner Bedeutung ist, da die Stärke einer Etage auf der Entfernung einiger Werst bedeutend wechselt. Die Etage mit *Perisph. virgatus*, die bei Glebowo gegen 60 Fuss hoch ist, beträgt am entgegengesetzten Winkel des jurassischen Dreiecks bei Bolobanowo kaum 6 Fuss. Indessen befinden sich die Hauptglieder dieser Etage d. h. eisenschüssiger

Sandstein und zwei denselben begleitende Schichten mit Concretionen, die viele Fossilien enthalten, in beiden Entblössungen an ihrem Platze. Folglich ist die geringe Höhe der Etage mit *Perisph. virgatus* bei Bolobanowo nicht späteren Abschwemmungen der Ablagerungen zuzuschreiben, sondern der ungleichmässigen Ablagerung der Niederschläge im jurassischen Meere jener Epoche. Diese Ungleichmässigkeit konnte freilich durch verschiedene Ursachen bedingt werden, so z. B. durch die Nähe des Ufers von Glebowo, durch Strömungen, die damals existirten u. a.

V. Vergleich des Jaroslaw'schen Jura mit dem mitteleuropäischen und dem mittelrussischen jurassischen Bassin.

Um einen Schluss zu ziehen, zu welcher von den geologischen Epochen die obenbeschriebenen Schichten gehören, und um die geologisch gleichzeitigen Bildungen anderer Gegenden zu bestimmen, wenden wir uns zu den Tabellen, die uns die Vertheilung der jurassischen Fossilien des Gouv. Jaroslaw in anderen gut erforschten, jurassischen Gegenden zeigen.

№ der Etage im Jaroslawschen Jura.	Species, die dem Jaroslawschen und mitteleuropäischen Jura gemein sind.	*Zona Simoceras anceps.*	*Zona Peltoceras athleta.*	*Zona Aspidoceras perarmatum.*	*Zona Peltoceras transversarium.*	*Zona Peltoceras bimammatum.*	*Zona Oppelia tenuilobata.*
№ 1.	*Cosmoc. Jason*	+					
	» *Gulielmi*	+					
	» *Castor*	+					
	Amalth. Lamberti		+	+			
№ 2.	» *Leachi*			+			
	Cosmoc. ornatum		+				
	» *Duncani*		+				
	Amalth. cordatus			+			
	» *excavatus*			+			
№ 3.	» *vertebralis*			+			
	Perisph. plicatilis			+			
	Peltoc. arduennense			+			
	Aspidoc. perarmatum			+			
	Amalth. alternans				+	+	+
№ 4.	» *Bauhini*					+	
	Perisph. stephanoides						+
	» *Martelli*				+		
	Alle übrigen Jaroslaw'schen Species sind ausschliesslich russische Formen.						

Demzufolge erlaubt uns der Vergleich der Species, die dem Jaroslaw'schen und mitteleuropäischen Jura gemein sind, die russische Etage № 1 als dem mittleren Kelloway, die Etage № 2 dem oberen Kelloway, die Etage № 3 dem unteren Oxford und № 4 den mittleren und oberen Oxfordschichten entsprechend zu betrachten. Für die oberen Etagen geben uns die von mir erforschten Formen von Cephalopoden kein genügendes Material.

Diese Folgerungen werden durch die weitere Erforschung der versteinerten Ueberreste im Jaroslaw'schen Jura aus anderen Gruppen des Thierreiches, ohne Zweifel, noch bestärkt werden, worauf mir meine fortgesetzten paläontologischen Nachforschungen schon jetzt viele Hinweise liefern. Wir kommen zu denselben Schlüssen, wenn wir eine vergleichende Taxirung des Materials vornehmen, das im Gouv. Jaroslaw, bei Moskau und an der Oka gefunden wurde. In beiden letzteren Localitäten erlaubt der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse und die Entdeckung vieler Formen, die auch dem westeuropäischen Jura gemein sind, die von mir in der Tabelle angeführten Etagen zu bestimmen. Die Eintheilung der unteren Juraschichten von Moskau und der Oka sind das Resultat meiner vieljährigen Nachforschungen. Die oberen Etagen wurden ausser der Etage mit *Amalth. fulgens*, die ich definirt habe, von Prof. Rouiller bestimmt. Einen Vergleich mit anderen jurassischen Gegenden Russlands kann ich nicht bieten, da die stratigraphische Aufeinanderfolge ihrer Schichtung, und selbst die Formenarten, noch nicht hinlänglich erforscht sind, um eine sichere Grundlage zu einem Vergleiche zu liefern.

Species, die dem Jaroslaw'schen, Moskauer und Oka-Jura gemein sind.	Kelloway-Schichten.		Oxford-Schichten.		Wolgauer Schichten.		
	Etage *Steph. compressum.*	Etage *Amalth. Lenthi.*	Etage *Amalth. coriatus.*	Etage *Amalth. alternans.*	Etage *Peresph. virgatus.*	Etage *Amalth. fulgens.*	Etage *Peresph. Rotundatus*
Stephan. Tschefkini	+	+					
» *compressum*	+						
» *Milaschevici*	+						
Cosmoc. Jason	+						
» *Gulielmi*	+						
» *Castor*	+						
Nautilus Wolgensis	+						
Belemn. extensus	+	+					
» *subabsolutus*	+	+					
Amalth. Lamberti		+					
» *Leachi*		+					
Cosmoc. ornatum		+					
» *Duncani*		+					
Belemn. Panderianus	+(?)	+	+	+	+(?)		
Amalth. cordatus			+				
» *excavatus*			+				
» *vertebratus*			+				
» *rotundatus*			+				
» *tenuicostatus*			+				
» *Rouilleri*			+				
Perisph. Bobanovi			+				
» *plicatilis*			+				

Species, die dem Jaroslaw'schen, Moskauer und Oka-Jura gemein sind.	Kelloway-Schichten.		Oxford-Schichten.		Wolgauer Schichten.		
	Etage *Steph. compressum.*	Etage *Amalth. Leachi.*	Etage *Amalth. cordatus.*	Etage *Amalth. alternans.*	Etage *Perisph. virgatus.*	Etage *Amalth. fulgens.*	Etage *Perisph. subditus.*
Peltoc. arduenense			+				
Aspidoc. perarmatum			+				
Amalth. alternans				+			
Perisph. Martelli				+			
» *virgatus*					+		
» *Lahusenі*					+		
» *Stscharowskii*					+		
» *bipliciformis*					+		
Belemn. absolutus					+		
Amalth. fulgens						+	
» *subfulgens*						+	
Perisph. okensis						+	
» *subditoides*						+	+
» *fragilis*						+	
» *subditus*							+

Aus dieser langen Reihe von Formen, die dem Moskauer und Jaroslawer Jura gemein sind, sieht man den vollkommensten Zusammenhang ihrer Faunen, ein Zusammenhang der noch augenscheinlicher hervortritt, wenn man die paläontologischen Ueberreste aus anderen Gruppen des Thierreiches betrachtet. Von den Cephalopoden habe ich bis jetzt nur *Amalth. Rybinskianus*, *Mologae*, *quadratoides*, *Bauhini*; *Perisph. stephanoides*, *Fraasiiformis* bei Moskau und an der Oka nicht gefunden. Doch erlaube ich mir deshalb nicht den Schluss zu ziehen, dass diese Formen dort nicht gefunden werden, da auch im Jaroslawer Jura die Mehrzahl dieser Formen zu den Seltenheiten gehört. Eine Ausnahme bilden allenfalls nur *Amalth. Mologaé*, der sehr häufig und characteristisch für die ihm entsprechende Etage des Jaroslawer Jura ist, aber niemals im Gebiete von Moskau und in dem von der Oka vorkommt.

Das Parallelisiren der Etagen des Jaroslaw'schen Jura, von № 1 — 4 inclusive, den westeuropäischen Schichten der Kelloway- und Oxfordepoche entsprechend, ist auf die positive Thatsache gegründet, dass zahlreiche Formen gefunden wurden, die einerseits dem westeuropäischen Jura und anderseits dem Jura von Jaroslaw, Moskau und der Oka gemein sind. Ganz anders steht die Sache in Betreff der oberen Etagen № 5 — 7. Hier wird das Parallelisiren durch den Mangel an gemeinschaftlichen Species sehr erschwert. Diese Schichten sind so eigenartig, so originell und von den westeuropäischen Kimmeridge und Portland so verschieden, dass man den Versuch gemacht hat, sie nicht den jurassischen, sondern den unteren Kreideschichten Westeuropa's gleichzustellen, obgleich dazu noch weniger paläontologisches Material zu unserer Verfügung steht. Da ich diese Ansicht nicht theile, so will ich versuchen eine Reihe theils directer, theils indirecter Beweise zu Gunsten der Meinung anzuführen, dass die ganze Masse der Sandschichten im Jaroslawer Jura und die thonig-

sandigen Schichten im Moskauer Jura d. h. die Etagen mit *Perisph. virgatus*, *Amalth. fulgens* und *Perisph. subditus*, allesammt zum Jura gehören müssen, die Ablagerungen desselben in Russland schliessend und das Equivalent zu Kimmeridge und Portland von Westeuropa bildend.

Es giebt zwei verschiedene Ansichten, die beide die oberen Schichten des russischen Jura der Kreideformation zuschreiben. Die eine Ansicht, deren Repräsentant Prof. Eichwald war, rechnet die ganze Masse, die sowohl *Perisph. virgatus*, wie auch *Perisph. subditus* enthält, zu den unteren Kreidebildungen. Die andere, jüngst von Prof. Trautschold entwickelte Ansicht schreibt dem Neocom nur die Schichten mit *Amalth. fulgens* zu, und rechnet die Etage mit *Perisph. virgatus* zum Kimmeridge und die mit *Perisph. subditus* zum Portland. Diese Ansicht des Herrn Trautschold fällt von selbst, wie schon gesagt, durch den Umstand, dass ihr zur Grundlage eine falsche Auffassung von der Lage der Schicht mit *Amalth. fulgens* diente. Prof. Trautschold hält diese Schicht für eine über der Etage mit *Perisph. subditus* hegende. Meine sorgfältigen Nachforschungen in verschiedenen Gegenden, ja auch in solchen, die Trautschold für mustergültig hält, haben mir überall gerade das Gegentheil gezeigt. Da es aber geschehen könnte, dass beim Umstellen der angenommenen Etagen des Moskauer Jura, die Etage mit *Perisph. subditus* in den Augen einiger Geologen die Stelle der Etage mit *Amalth. fulgens* einnehmen könnte, und diese Etagen ihre Rollen wechseln würden, wobei die letztere Portland und die erstere Neocom würde, so halte ich es nicht für überflüssig hier die Beweisgründe Prof. Trautschold's anzuführen und ihre Unrichtigkeit, ganz abgesehen von ihrer relativen Lage, zu zeigen. Prof. Trautschold gründet seine Ansicht ausschliesslich auf die Nothwendigkeit, in den Moskauer Schichten, ein Equivalent für das Neocom zu finden. Bei Moskau, sagt er, giebt es Kimmeridge mit *Amalth. virgatus*, Portland mit *Perisph. subditus*, Gault mit *Am. interruptus*; augenscheinlich muss also die Schicht mit *Amalth. fulgens*, die über Portland liegt, zum Neocom gerechnet werden, damit die Aufeinanderfolge der geologischen Perioden eine vollständige sei, und keine Unterbrechung zwischen der Jura- und Kreideformation vorkomme. Auf diese Weise, fährt Trautschold fort, entspricht die Etage mit *Amalth. fulgens*, als Neocom, den Schichten mit *Inoceramus aucella* an der Wolga. Es ist wahr, dass die Etage mit *Amalth. fulgens* bei Moskau keine einzige Neocomspecies enthält. Krylow aber hat aus den Sandschichten des Jaroslawer Jura zwei Terebratulen geliefert, die Trautschold als Neocomspecies beschreibt. *Ter. hippopus* und *Moutoniana*, auch ein Stück der grossen Windung eines Ammoniten, den Krylow als *Am. versicolor* bezeichnete, der eine characteristische Species der Schichten von Simbirsk mit *Inoceramus aucella* ist, die ohne jeden Zweifel zum Neocom gerechnet werden[1]). Und damit ist die Reihe von Trautschold's Beweisgründen erschöpft. Auf jeden derselben kann vieles erwidert werden. Als wichtigster Widerlegungsgrund dient freilich die Lage der

1) Trautschold. Die Scheidelinie zwischen Kreide und Jura in Russl. Bull. de Mosc. 1875. Idem. Ergänz. z. Fauna d. russ. Jura. St. Petersb. 1876.

Etage mit *Amalth. fulgens*, die unter der mit *Amalth. subditus* ist, was die Grundlage aller Combinationen erschüttert. Doch, angenommen, dass die Lage genannter Schicht den Vermuthungen des Hrn. Trautschold entspricht, so bleibt doch das Anpassen derselben zum Inoceramenthon und, um so mehr zum europäischen Neocom höchst gewagt. Die Frage vom Alter des Inoceramenthons bei Simbirsk bei Seite lassend, finde ich beim Durchsehen der Verzeichnisse von Trautschold und Lahusen, der uns eine ausführliche Beschreibung der Fossilien aus dem Thone bei Simbirsk gegeben hat, keinen einzigen paläontologischen Beweis für das Entsprechen der Etage mit *Amalth. fulgens* dem Thone von Simbirsk, ausser einer in so vielen Etagen verbreiteten Form, wie *Protocardia concinna*.

Stratigraphische Beweise giebt es ebenfalls nicht, da zwischen Moskau und Simbirsk eine weite Fläche liegt, auf der weder die eine noch die andere Schicht entwickelt ist. Und doch sagt Prof. Trautschold in dem ersten seiner obengenannten Werke, dass das Uebereinstimmen beider Schichten ausser jedem Zweifel liegt. Vielleicht aber, dass wir sie gegen einander haltend, gerade dadurch wenigstens die vollkommenste Parallelisirung der Jura- und Kreideschichten an der Wolga mit denen bei Moskau erreichen? Keineswegs; da, wie Professor Trautschold selbst sagt, bei Moskau kein Equivalent für die Schicht mit *Am. Deshayesi* und *bicurvatus* ist, und an der Wolga kein Gault mit *Amalth. interruptus* vorhanden ist. Indessen wünscht man gerade wegen der Vollständigkeit der aufeinanderfolgenden Schichtungen die Etage mit *Amalth. fulgens* von der mit *Perisph. subditus* zu scheiden, ungeachtet der bemerkenswerthen Gleichförmigkeit der Fauna. Ausser zwei bis drei characteristischer Ammoniten, die gerade genügen, um diese zwei Etagen von einander zu trennen, kenne ich nur noch eine Form, die ausschliesslich der Etage mit *Amalth. fulgens* eigen ist; das ist *Astarte Veneris*, dafür aber kann ich eine ganze Reihe Species anführen, die beiden Etagen gemein sind; diese sind: *Perisph. subditoides*, *Amalth. catenulatus*, *Bel. russiensis* und eine Menge von Bivalven: *Unicardium heteroclitum*, *Panopaea peregrina*, *Pleuromya parallela*, *Cyprina mosquensis*, *Lyonsia Alduini*, *Pecten nummularis*, *Modiola vicinalis*, *Lima consobrina*. Diese Etagen sind auch sogar petrographisch eng mit einander verschmolzen. In dem Jura von Jaroslaw, sowohl wie in dem von Moskau, ist es zuweilen schwer eine genaue Grenzscheide zwischen beiden anzugeben, so sehr geht eine Sandart, sich allmählich verändernd, in eine andere über. Im Gegentheil, noch hat Niemand, weder im Gouv. Moskau, noch in den daran stossenden Gebieten, gesehen, dass Gault mit *Am. inrerruptus* unmittelbar auf den Schichten mit *Am. fulgens* oder *Perisph. subditus* liege. Es unterliegt keinem Zweifel, dass in der Umgegend von Moskau Kreideschichten im Nord-Osten des Gouvernements liegen, wo leider nirgends Jura entblösst ist. Nach allem bisher Gesagten ist es selbstverständlich, dass wir noch weniger das Recht haben die Etage mit *Perisph. subditus* zum Neocom zu rechnen. Wenn wir die Verzeichnisse der Fossilien aus den Etagen mit *Perisph. virgatus* und *subditus* durchsehen, so finden wir sehr viele Formen die der einen, sowohl wie der anderen, eigen sind, wodurch diese so eng verbunden werden, dass eine Zuzählung der einen zum Jura, der andern zur Kreide nur auf sehr gewichtigen Beweisgründen beruhen darf. Was die *Ter.*

hippopus und *Moutoniana* betrifft, die Trautschold abgebildet und mir gezeigt hat, so sind es nur innere Abdrücke, ohne jede Spur von Muschelschale; dazu sind sie nach dem Gestein zu urtheilen, im eisenschüssigen Sandstein von Glebowo und nicht in den dunkeln Concretionen mit *Am. fulgens* gefunden. Der Fundort dieser Exemplare ist weder Prof. Trautschold, noch Krylow genau bekannt. Ein abgebrochenes Stück von einer der grossen Windungen eines Ammoniten der von Krylow für *Am. versicolor* gehalten wird, kann uns noch weniger zu irgend einer Ueberzeugung bringen; erstens, weil man nach einem Bruchstück von so geringem Umfange einer Form, wie *Am. vesicolor*, nichts bestimmen kann, da im oberen russischen Jura eine Menge solcher Formen mit gespaltenen Rippen vorkommen. Zweitens weil der genaue Fundort des Exemplars nicht bekannt ist. Er wurde von Krylow nicht im Grunde, sondern im Einsturz von Concretionen, unter eisenschüssigem Sandstein bei dem Dorfe Bolobanowo gefunden.

Gehen wir jetzt zu der von Prof. Eichwald ausgesprochenen Ansicht über, die bis heutzutage einige Anhänger findet. Ich beginne mit der Aussage, dass ich Alles sorgfältig gelesen haben, was Prof. Eichwald zu Gunsten dieses Satzes geschrieben hat, und dass mir Nichts als überzeugend vorgekommen ist. Als Grundlage zu unserem Schlusse in dieser Frage dienen freilich paläontologische Ueberreste. Ich habe die Definitionen Prof. Eichwald's durchgesehen und sie mit den Originalen und Abbildungen jener europäischen Kreideformen verglichen, die Prof. Eichwald in unseren Moskauer jurassischen Fossilien zu sehen wähnte. Ich war von der Oberflächlichkeit dieser Definitionen betroffen, und habe durchaus keine einzige Form gefunden der man dort, wo dieser Forscher die russischen Formen für europäische Kreidearten anerkennt, und nicht neue schafft, die gegebene Definition lassen könnte. Die Auseinandersetzung von Prof. Eichwald's Missgriffen würde mich hier von dem Gegenstand dieser Abhandlung zu lange ablenken, da er fast alle russische oberjurassische Fossilien umgearbeitet hat. Alle von Prof. Eichwald gemachten Definitionen werde ich nacheinander einer kritischen Analyse unterwerfen in den paläontologischen Monographien, die ich über den mittelrussischen Jura auszugeben beabsichtige, und wovon gegenwärtige Arbeit eine Probe sein soll. Indem wir die Definitionen Eichwald's bei Seite lassen, finden wir nur noch zwei Geologen, die seine Ansicht durch ihre Beobachtungen bestätigt haben. Römer[1]), der in der Beschreibung seiner Reise in Russland sagt, dass, seiner Ansicht nach, der Sandstein mit *Am. catenulatus* und *Koenighii d'Orb.* (*subditus Fr.*) zum Neocom gerechnet werden muss, da er den ersten Ammoniten mit der Neocomspecies *Am. Gevrilianus*, und den zweiten mit *Astierianus d'Orb* identificirt. Doch Jeder der die russischen Ammoniten mit den entsprechenden Abbildungen genannter Neocomspecies bei d'Orbigny und Pictet aufmerksam vergleicht, wird einen gewaltigen Unterschied zwischen denselben finden. Der Character der Rippen von *Am. Astierianus* mag allenfalls im frühesten Lebensalter einigermassen an *Perisph. subditus* erinnern, später aber unterscheidet er sich

1) Zeitschr. d. geol. Gesellsch. 1861. Bd. 14, p. 231.

so bedeutend, dass ich nicht einmal die Möglichkeit finde, sie in ein Genus des neuen Systems zu vereinigen; darüber was *Am. Gevrilianus* anbetrifft, so unterscheidet sich der Character seiner Windungen, und besonders die Form und Breite des Umbo so sehr vom russischen *Am. catenulatus*, dass es unmöglich ist, sie zu verwechseln. Darauf erschien ein Anderer, Herr Wenetzkij[1]) in unserer geologischen Literatur als Vertheidiger von Professor Eichwald's Ideen. Doch sieht man aus seiner Mittheilung nichts weiter, als dass er unter den Versteinerungen der oberen Choroschow'schen Schicht nur eine vermuthlich Kreidespecies *Opis neocomiensis d'Orb.* gefunden hat. Doch, als ich im laufenden Jahre mit Prof. Wenetzkij die Sammelung in der Petersburger Universität besah, konnte er mir das Original der Choroschow'schen Versteinerung, die er für *Opis neocomiensis* gehalten, nicht zeigen. Mir ist nur eine Species *Opis* in den oberen Schichten des Moskauer Jura bekannt, diese unterscheidet sich aber von den Neocomformen durch die doppelte Grösse und einen ganz anderen Character der concentrischen Striche. Ich wüsste nicht, dass irgend Jemand von den Besitzern einer Sammlung Choroschow'scher Fossilien die Form *Opis* von 7 Mm. Grösse und mit dem Character der Verzierungen, wie sie auf der Abbildung von d'Orbigny dargestellt sind, je gesehen hätte, und doch sind, ohne zu viel zu sagen, durch meine Hände Tausende von Fossilien der Choroschow'schen Schichten gegangen. Während der letzten Versammlung der Naturforscher in Petersburg hat Prof. Wenetzkij wieder einige Versteinerungen aus russischen oberjurassischen Schichten gezeigt, die er für Kreide hält. Doch von diesen war nur eine Species aus dem Moskauer Jura, die übrigen waren aus dem Gouv. Simbirsk, wo auf Jura unzweifelhaft Kreidebildungen liegen, weshalb ich es für überflüssig halte, die dort gefundenen Versteinerungen ohne genaue Angabe des Horizontes zu besprechen. Die einzige Moskauer Species die Wenetzkij uns zeigte und die er für Kreide hält, war *Lima consobrina* d'Orb. (*Lima elongata* Sow. nach Wenetzkij's Ansicht). Doch auch diese Definition ist durchaus nicht richtig. *Lima elongata Sow.* (Tab. 559) so wie bei Reuss (Tab. 38) unterscheiden sich merklich von unseren Formen, dadurch, dass die Rippen sich gegen den Aussenrand stark erweitern und die Zwischenräume zwischen den Rippen schmal sind; die Zahl der Rippen an der russischen Form ist 12 — 15; und an der *Lima elongata* 15 — 17. Solcher Formen wie *Lima consobrina*, die ihr viel näher verwandt sind als *Lima elongata*, kann man mehrere im oberen französischen Jura nennen; so z. B. *Lima lepida* Dollfuss; und auch da kann ich nicht sagen, dass sie mit der russischen Form identisch seien. So lange wir in unseren Definitionen nicht bis auf's Geringste genau sind, werden wir immer in beliebigen, sogar in den von einander am meisten entfernten Formationen identische Species finden.

Ich selbst habe in meiner Abhandlung über die Sperlingsberge, aus der Etage mit *Perisph. subditus*, eine von mir für Kreide-Species gehaltene Form, *Pecten striatopunctatus Roem.* angeführt. Doch muss ich jetzt nach einem Vergleich mit den Originalexemplaren

1) Труды С.-Пб. Общ. Естествоисп. Т. I, вып. 2-ой, стр. 146.

dieser Species, diesen Ausspruch zurücknehmen; denn unsere russische Form unterscheidet sich durch stärkere Wölbung der Muschel, und durch ein anderes Verhältniss der Länge zur Breite der Muschelschalen.

Während wir also in unseren oberjurassischen Schichten keine einzige Species haben, die der europäischen Kreideformation vollkommen identisch sei, begegnen wir andererseits schon in den Moskauer Schichten des oberen Jura einigen Species, die dem französischen Kimmeridge eigen sind, worauf Prof. Trautschold hingewiesen hat[1]). Obgleich ich mit ihm wegen der Identität einiger von ihm genannten Formen nicht übereinstimme, so muss ich doch die Identität folgender Species anerkennen. *Perisph. Pallasianus* d'Orb. (*biplex Loriol non* Sow.), *Pecten solidus*, *Ter. insignis*, *Littorina pulcherrima* Dolf., (*Turbo Puschianus* d'Orb.), *Ostrea expansa* Sow., *Thracia incerta* Desh. (*Frearsi* d'Orb.), *Ceromya globosa* Buvign (*Unicardium heteroclitum* d'Orb.), *Trigonia concentrica* Ag. (*Trigonia clavellata* Trauts. *non* Park.), *Lima Halleyana* Etallon (*Ostr. pectiniformis* Trauts. *non* Ziet.), *Ostrea Matronensis* Loriol (*Ostrea plastica* Traut.).

Doch nehmen wir an, dass diese Identität der Species dem Zweifel unterworfen ist. Nehmen wir an, dass das ganze Lager der Moskauer Sandschichten dem Neocom entspricht, wodurch wir eine ganze Reihe Kreideablagerungen im Moskauer Gouv. ausfüllen. Dann aber würde der obere Jura eine noch merkwürdigere Lücke bieten. Niemand zweifelt daran, dass die schwarzen jurassischen Thonarten, die *Amalth. alternans* enthalten, der Oxfordetage entsprechen. Die von mir in diesen Schichten entdeckten *Perisph. stephanoides*, *Amalth. Bauhini* bestätigen noch diesen Schluss. Was aber würde dann im mittleren Russland dem Kimmeridge entsprechen? Wir müssen einen gewaltigen Abschnitt zwischen den Ablagerungen des schwarzen Thones mit *Amalth. alternans* und den ersten Etagen mit *Perisph. virgatus* annehmen. Indessen aber spricht eine vollkommen gleiche Aufeinanderschichtung dieser Etagen wenig zu Gunsten so einer Voraussetzung. Wer es gesehen hat, wie diese Etagen bei Mniowniky und Bolobanowo in einander greifen und oft ohne merkliche Grenze in einander übergehen, wird wol kaum die Thatsache einer so grossen Unterbrechung zugeben. Während der ganzen Zeit, wo die abgelagerten Oxfordschichten, im Verlauf der Kimmeridge und Portlandepoche trockenes Land waren, hätten sie an ihrer Oberfläche nothwendigerweise den verschiedenartigsten Veränderungen ausgesetzt sein müssen, deren Spuren sich uns an ihren oberen Horizonten jedenfalls erhalten hätten. Wie soll wiederum auf diesen Thonarten die Ablagerung einer Art erklärt werden, wie die schwarzen glauconitkörnigen sandigen Thonarten der unteren Schichten der Etage mit *Perisph. virgatus* (Mniowniky) einer Art, die kaum als ein litorales Gebilde angesehen werden kann. Es sei bemerkt, dass diese Art von den darunterliegenden Oxfordthonarten sich nur durch immer mehr und mehr beigemischten Sand unterscheidet. Auf diese Weise will Eichwald's Theorie durch eine lange Zeitperiode zwei Etagen trennen, die mit einander durch vollkommen gleiche Schichtung

1) Der französische Kimmeridge verglichen mit Moskauer Schichten. Bull. de Moscou, 1876, № 4, p. 381.

und stellweise durch verwandten Bau der Stoffe eng verbunden sind. Andererseits fassen wir, von dieser Theorie geleitet, die Etagen mit *Perisph. virgatus*, *Amaltheus fulgens*, *Perisph. subditus*, *Perisph. nodiger* (*Kotelniki*) und die Schichten mit *Hoplites interruptus* zu einem ununterbrochenen Ganzen zusammen, und nicht nur haben letztere und erstere keine einzige gemeinschaftliche Thierform, sondern wir wissen auch nicht, dass sie sich irgendwo unmittelbar berühren. Einer der schlagendsten Beweisgründe für die Anerkennung des jurassischen Characters der mittelrussischen Sandsteinbildungen ist der Vergleich ihrer allmählichen Veränderungen mit solchen im Laufe der letzten Epoche der jurassischen Periode im westlichen (doch nicht im südlichen) Europa. Indem wir dort die Grenze zwischen Jura und Kreide und die Lagerungsweise einer Formation auf der anderen beobachten, bemerken wir zwei Typen. Den ersten Typus treffen wir im nördlichen Theil des englisch-französischen und des deutschen Jura-Bassins. Hier, wie z. B. in Yorkshire (Spilton cliffs), Braunschweig (Goslar) und Helgoland, liegen auf den oberjurassischen Schichten, die den Seetypus haben und immer ausgewaschen und an der Oberfläche beschädigt sind, nicht übereinstimmend Kreideseeablagerungen.

Der zweite Typus, besonders nach Westen von der Linie Yorkshire-Braunschweig, bietet uns im Allgemeinen ein Lager von Purbeck und Weald Schichten zwischen echten Seeablagerungen von Oberjura einerseits und andererseits von Neocom, dessen untere Horizonte jene theilweise ersetzen. Diese Schichten von Purbeck und Weald bestehen, wie bekannt, aus Süsswasser-Seewasserablagerungen, brakischen und reinen Süsswasserablagerungen, die dann wieder in Süsswasser-Seeablagerungen und zuletzt in reine Seeschichten von Neocom übergehen. Was sagt uns denn so eine Bildung? Es ist augenscheinlich, dass das Ende der jurassischen Periode von einer beträchtlichen Hebung derjenigen Gegend begleitet wurde, die jetzt Europa einnimmt. Das Resultat dieser Erhöhung war das nördliche feste Land auf der Linie Yorkshire, Braunschweig, Helgoland, das während der ganzen Zeitperiode existirt hat, die zwischen den Seeablagerungen von Portland und Neocom verflossen ist. Dieses feste Land bildete im Süden einen Küstenstreifen, dessen Character zwischen Seetypen, Süsswassertypen und gemischten Süss- und Seewassertypen der Bildungen schwankte. Nichts tritt unserer Voraussetzung entgegen, dass diese Hebung sich bis zu dem alten Festland erstreckte, das der Fläche mit Devon und Steinkohlenentblössungen im mittleren Russland entspricht, und welches durch seine Hebung das jurassische Meer Mittelrussland's von dem westeuropäischen trennte. Wie schon im obengenannten Werke Neumeyer's über russischen Jura gesagt worden, weist im Gegentheil der Character der Versteinerungen in den Kelloway- und Oxfordformationen Mittelrussland's auf ein enges Band zwischen dem russischen und dem deutschen jurassischen Bassin jener Epoche. Es gab augenscheinlich irgend eine Verbindung dieser Bassins. Vielleicht ist der von Prof. Grewinck[1]) beschriebene Jura von Popiliany an der Windau ein Ueberbleibsel jener Verbindung. Man erinnere sich, dass die Ab-

1) Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, 2. Band, 1861.

lagerungen von Popiliany nur Kelloway und theilweise Unteroxfordschichten bieten. Dass wir zwischen Popiliany einerseits, und Rybinsk und dem Moskauer Jura andererseits, keine Jurabildungen weiter kennen, darf uns nicht wundern, da der russische Jura starken Verwüstungen ausgesetzt gewesen ist, so dass er auch im mittleren Russland zwischen anderen älteren Formationen inselweise vorkommt. Und nirgends wol muss das Auswaschen in so starkem Masse vorgekommen sein wie in der Gegend, die jetzt vom Waldaigebirge und seinen südlichen und westlichen Abzweigungen eingenommen wird, in deren Richtung wir unter enormen Massen Alluvium nur Devon- und Bergkalkschichten sehen. Uebrigens kennen wir diesen Theil Russlands noch nicht hinlänglich, um zu behaupten, dass es unmöglich sei zwischen Popiliany, Rybinsk und Moskau jurassische Ueberreste zu finden. So lässt uns denn die Verwandtschaft der Fauna in Russland und Deutschland während der Kelloway- und Oxfordperiode, eine Verbindung zwischen den Meeren vermuthen. Gegen Ende der Oxfordperiode beginnt die Hebung, deren Centrum im nordöstlichen Russland war. Diese Hebung scheidet das deutsche von dem russischen jurassischen Bassin und giebt letzterem eine Abdachung gegen Nordost. Die Fauna wird verschieden; wir finden einigen Zusammenhang zwischen Russlands jurassischer Thierwelt und den entsprechenden Bildungen des englisch-französischen Bassins, eines entfernteren Gebietes, mit dem jedoch das russische oberjurassische Bassin durch ein fernes Meer, wahrscheinlich die Nordsee, verbunden war. Während dieser Epoche bildeten, sowohl das deutsche wie das mittelrussische Bassin, zwei Meerbusen, die durch das feste Land getrennt und mit ihrer Mündung nach entgegengesetzten Richtungen gewandt waren. Erinnern wir uns, dass zu der Zeit das südliche Europa mit seiner titonischen Etage zum deutschen Jura in einem Verhältniss stand, das dem russischen ähnlich war. Die Hebung erreicht ihren Culminationspunkt im westlichen Europa, während der Wealdepoche, worauf die Senkung beginnt. Als Resultat dieser schwankenden Bewegung erscheint die Isolirung der jurassischen von der Kreidefauna. Sehen wir nicht dasselbe bei uns in Russland? So wie sich das feste Land gleichmässig nach allen Seiten hin, nach Ost und West gehoben, so hat es sich auch gleichmässig hier wie dort bis zu einem gewissen Grade gesenkt. Das Resultat dieser zweifachen Bewegung in Mittelrussland, war seit dem Ende der Oxfordperiode, eine allmähliche Verwandlung der jurassischen Schichten eines offenen Meeres in Küstenablagerungen. Die Kalk- und Thonarten der Kelloway- und Oxfordperiode werden überall, an den Grenzen des Bassins, d. h. in den Gouv. Moskau und Jaroslaw, durch Sand und Sandsteine ersetzt, die oft einen Küstencharacter haben. Es ist genug sich zu erinnern, dass, sowohl im Gouv. Jaroslaw, wie Moskau die Schichten mit reinem Flugsand schliessen (Koprino, Krutez, Schumarowo, Worobiewo, Choroschowo) oder mit Quarz-Sand steinen, die in Flugsand übergehen und die theilweise eine Seefauna (Kotelniki), theils zahlreiche Abdrücke von solchen Pflanzen enthalten, die auf dem Lande wachsen (Tatarowo, Klin.). Mit diesem Sande schliesst das jurassische Meer. Es entstand eine Unterbrechung, nach welcher eine Senkung stattfand, die jedoch lange nicht das ganze, vom Meere während der jurassischen Epoche eingenommene Terrain in ein Meer verwandelte. Es zeigten sich

Kreideschichten, die während der Gaultepoche bis zu dem Gouv. Moskau und nicht weiter gingen.

Das ist, meiner Ansicht nach, der Gang der Ereignisse im mittleren Russland, während der Periode zwischen Oxford und Gault. Aus allem Gesagten ist es klar, dass ich die ganze Masse sandiger Ablagerungen, die im mittleren Russland nach dem Oxford-Thon folgte, für ein Equivalent für Kimmeridge, Portland, Purbeck und, meinetwegen, Weald in Osteuropa ansehe, doch keinesfalls für Neocom halte.

Doch kann ich eine so scharfe Eintheilung der Moskauer oberjurassischen Schichten, wie sie Prof. Trautschold macht, nicht zugeben. Bei ihm ist die Etage mit *Perisph. virgatus* — Kimmeridge und die Etage mit *Perisph. subditus*—Portland. Für so eine Absonderung fehlen uns die paläontologischen Data. Dabei weiss man bei dieser Eintheilung weder, wohin die Etage mit *Am. fulgens*, noch die Sandsteine bei Kotelniki, Tatarowo und Klin zu placiren sind. Ich sage nichts weiter als, dass das ganze Lager zum oberen Jura, zwischen Oxford und Neocom gehört, und weiter nichts. Zu weiteren Detailvergleichen haben wir nicht die nöthigen Data. Vielleicht könnten wir auf einigen Erfolg rechnen, wenn wir im westeuropäischen Jura, nicht nur identische Formenarten aufsuchten, sondern auch die verwandten Formen erforschten, wobei ganze Reihen genetisch verbundener Gruppen aus allen Theilen des Thierreiches zusammenzustellen wären, dessen Ueberreste uns in den jurassischen Ablagerungen erhalten sind. Doch sich darüber auszulassen, ist fürs erste wenigstens frühzeitig.

Nachdem ich hier meine Ansicht über die Bedeutung der mittelrussischen Sandschichten, die über dem Oxfordthon liegen, dargethan habe, muss ich hinzufügen, dass diese Ansicht nur eine vorläufige ist. Ich erkläre nur das Resultat, das aus unserer gegenwärtigen Bekanntschaft mit den versteinerten Ueberresten dieser Schichten erfolgt. Vollkommen klar ist mir nur die Gruppe *Cephalopoda;* die übrigen Thierreste harren noch der Umarbeitung. Obgleich ein sorgfältiger Vergleich unserer als Kreide angeführten Versteinerungen mir nicht die Möglichkeit geliefert hat, die Existenz auch nur einer wirklichen Kreidespecies zu constatiren, so erinnert doch der allgemeine Typus vieler unserer oberjurassischen Fossilien an die Kreideformen, aber er erinnert nur und zwar bei oberflächlicher Betrachtung. In dieser Verwandtschaft der Fauna der russischen oberjurassischen und Kreideschichten liegt nichts Merkwürdiges, da bei uns zwischen Oberjura und Neocom keine grosse Umwälzungen stattgefunden haben, die den Charakter der Fauna gestört hätten. Im Gegentheil: nach der Periode der Hebung während der Oberjuraepoche folgte eine ebenso langsame Periode der Senkung, während der Epoche der unteren Kreide. Wenn dabei zu Ende der jurassischen Epoche im mittleren Russland ein neues festes Land entstanden war, so ging doch im östlichen und nördlichen Russland das Meer aus der jurassischen Epoche mit der sich allmählich verändernden Fauna in die Kreide-Epoche über.

Jedenfalls sind die russischen oberjurassischen Schichten so eigenartig, selbständig im Verhältniss zu den westeuropäischen Bildungen, dass ich es durchaus nicht für angemessen halte bei der Beschreibung derselben, sie mit den Namen der westeuropäischen Etagen zu

belegen. Und deshalb glaube ich der Geologie mit einem neuen Worte nicht lästig zu fallen, wenn ich vorschlage, gleich den entsprechenden Schichten in Südeuropa, die ihrer Originalität wegen die besondere Benennung «Tithonische Formation» erhalten haben, für die ganze Masse jurassischer Schichten in Mittelrussland, die über dem Oxfordthon liegen, ebenfalls eine besondere Benennung «Wolgaformation» einzuführen. Ich wähle diese Benennung, weil das Wolgagebiet uns hauptsächlich die lehrreichsten Durchschnitte dieser Formation liefert. Wir werden ihre äussersten Punkte bei Rybinsk, Moskau und Sysran erforschen.

Paläontologischer Theil.

VI. Erläuternde Bemerkung.

Als paläontologisches Material zu vorliegender Arbeit dienten, wie schon erwähnt, die versteinerten Ueberreste der Gruppe *Cephalopoda*. Unter den Thieren dieser Classe nahmen die Ammoniten während der jurassischen Epoche die erste Stelle ein. Diese originellen Organismen zogen immer die besondere Aufmerksamkeit der Paläontologen auf sich. Mit der Erforschung der Ammonitiden beschäftigte sich in letzter Zeit, wie bekannt, eine ganze Gruppe, vorzüglich deutscher Gelehrter, Anhänger der Evolutionstheorie. Sie bewerkstelligten eine vollständige Reform in der Classification dieser ausgestorbenen Thiere und stellten den Begriff Species zwar als eine der wissenschaftlichen Classification zu Grunde liegende Grösse auf, die aber nichts desto weniger höchst schwankend ist. Was die neue Classification der Ammoniten betrifft, so halte ich es weder am Ort, noch an der Zeit ihre Grundlage hier einer critischen Analyse zu unterwerfen. Ich nehme dieselbe in diesem Werke für eine festgestellte Thatsache an, da ich vor Kurzem erst meine Ansicht darüber ausgesprochen habe[1]). Ich werde die Gattungen dieser Classification in dem Masse berühren, als es mir bei der Einzelbeschreibung der Formen nothwendig sein wird. Beiläufig bemerkt, halte ich diese Gattungen bei weitem nicht festgestellt. Ich denke, dass ihre Dimensionen und die Eintheilung der einzelnen Gruppenformen bedeutenden Aenderungen unterworfen werden müssen; doch ist für dieses alles in diesem Werke nicht der Platz. Was die zweite, die Speciesfrage, betrifft, so halte ich es in Betracht der widersprechenden Ansichten, die gegenwärtig in der Wissenschaft herrschen, für die Pflicht jedes Paläontologen eine Erklärung seines Gesichtspunktes der speciellen Beschreibung der Formen vorangehen zu lassen.

---

1) Аммониты группы Amalth. funiferus. Bul. d. Mosc. 1878, № 3.

Seitdem Darwins Lehre in den biologischen Wissenschaften das Bürgerrecht erworben, hat unser Begriff von der Species die feste Grundlage verloren, auf die Linné denselben gestellt hatte. Obgleich viele von Darwins Nachfolgern darnach streben, auch jetzt für den Begriff «Species» eine besondere Formel zu finden, so bin ich doch geneigt zu glauben, trotzdem ich mich als Evolutionist bekenne, dass jedes streng wissenschaftliche, und vor allem praktische Criterium für die Species jetzt nicht mehr denkbar ist. Vor allem freilich zeigten sich die Definitionen der Species, die den Vertheidigern der Beständigkeit passten, für die Evolutionisten als untauglich. Die Species hatte die Bedeutung einer beständigen natürlichen Gruppe verloren; sie musste zu einer zeitweiligen Uebergangsgruppe und dadurch zu einer mehr oder weniger künstlichen Gruppe werden, nachdem es augenscheinlich unmöglich geworden war unveränderliche Merkmale aufzufinden. Nicht das Aufsuchen einzelner Erscheinungen in der Schöpfung ist das Ziel der Systematiker geworden, sondern die Eintheilung der Erscheinungen einer beständigen, folgerichtigen Entwickelung der organischen Welt in solche Gruppen, die diese Folgerichtigkeit so gut als möglich darthun. Die Species hat folglich nur eine praktische Anwendung behalten. Darwin selbst hat uns kein neues Criterium für die Species gegeben, das der praktische Naturforscher benutzen könnte. Am deutlichsten spricht er sich in folgender Stelle seines Buches «Ueber die Entstehung der Arten» aus. «Man braucht nicht anzunehmen, dass alle Verschiedenartigkeiten und im Werden begriffenen Species durchaus den Grad einer Species erreichen. Sie können während ihres Keimens erlöschen, oder als Spielart während langer Jahre fortdauern. Wenn die Spielart sich so sehr vermehrt, dass sie im Verhältniss zu der sie erzeugenden Art an Zahl vorherrschend wird, so mag sie als Art und die Art als Spielart anerkannt werden, oder sie kann auch die Art verdrängen und vernichten; oder auch können beide Formen gleichzeitig nebeneinander weiter existiren und für besondere Species gelten. Aus diesen Bemerkungen folgt, dass ich das Wort Species für willkürlich halte, welches der Bequemlichkeit wegen, dem Namen einer Gruppe von Einzelwesen, die einander gleichen, beigelegt wird, und dass eigentlich dem Begriffe nach kein wesentlicher Unterschied ist zwischen den Ausdrücken Art und Spielart, durch welches letztere Wort weniger bestimmte veränderlichere Formen bezeichnet werden. Wenn man die individuellen Eigenthümlichkeiten in Betracht nimmt, so ist der Ausdruck Spielart (Varietät) ebenfalls willkürlich, und wird ebenfalls nur der Bequemlichkeit wegen beigelegt». Ich mache diesen Auszug in Anbetracht dessen, dass manchmal Darwin so eine Definition des Ausdruckes Species zugeschrieben wird, die er nirgends in seinen Werken ausgesprochen hat. Aus diesem Auszuge sehen wir, was für ein weites Feld Darwin dem Gutdünken der Systematiker, Nachfolger seiner Theorie, überlässt. Doch dünkte es vielen unter ihnen für unmöglich, bei so einer Unbestimmtheit stehen zu bleiben, deshalb sehen wir das Streben nach einer bestimmteren Begrenzung des Begriffes Art. Häckel giebt eine theoretische Definition der Art indem er sagt[1]), die Art sei eine Gesammtheit von

1) Generelle Morphologie der Organismen, 2. Band, S. 359.

Zeugungskreisen, die bei gleichen Lebensbedingungen gleiche Formen haben, die sich von einander nicht mehr unterscheiden, als durch die Vielgestaltigkeit, die der Art eigen ist. Diese Definition enthält aber keinen Hinweis auf den Grad der Veränderlichkeit der Art, entscheidet nicht die für den practischen Forscher wichtigste Frage von der Begrenzung der einzelnen Arten. Wo eine Art aufhört und die andere beginnt, das bleibt Häckel auch unklar, denn auf den nachfolgenden Seiten schon weigert er sich geradezu die Grenze anzugeben. Doch finden wir in Häckels nächstem Werke[1]) schon einen positiveren Hinweis auf die Begrenzung der Art. Indem er von den günstigeren Verhältnissen spricht, in welchen sich die äussersten am meisten abweichenden Varietäten in ihrem Kampf ums Dasein befinden, von dem vornehmlichen Aussterben der Zwischenformen in Folge ihrer unvollkommeneren Vorrichtungen zeigt Häckel, dass nur die äussersten Glieder sich erhalten und vermehren, und aufhören durch die Zwischenformen mit der sie erzeugt habenden, ursprünglichen Form verbunden zu sein. So werden Varietäten zu guten Arten. Damit also eine Form als eine neue Art genannt werde, ist das Wegsterben der Zwischenglieder zwischen dieser und der Stammform nothwendig. Dieser Schluss ist auf Darwins Theorie von den divergirenden Merkmalen gegründet. Doch vergesse man nicht, dass Darwin selbst dieselbe nie äussert, und im Einzelnen wird sie hauptsächlich von deutschen Gelehrten angewandt, so dass man deshalb noch nicht aufhört Darwinist zu sein, wenn man diese Theorie nicht anerkennt. Wir sehen im Gegentheil mitten unter den Engländern, den nächsten Nachfolgern Darwins, die seine Theorien in Thatsachen angewandt haben, eine ganz andere Ansicht von der Art; doch davon weiter. In keinem einzigen, im Geiste des Darwinismus geschriebenen Werke habe ich, so viel mir die Literatur dieses Gegenstandes bekannt ist, eine deutlichere Formulirung der Begrenzung der Art und Varietät gefunden, als in den Erforschungen Prof. S. Ussow's[2]). Da das Bestimmen dieser Grenze, wenn überhaupt möglich, von der grössten Wichtigkeit wäre für den practischen Erforscher im Allgemeinen und ganz besonders für den Paläontologen, folglich auch für den Gegenstand vorliegender Abhandlung, so werde ich die entsprechenden Stellen aus Prof. Ussow's Buch im Ganzen wiedergeben. «Das Aussterben der typischen Form, die eine Varietät erzeugt hat, oder das Verschwinden der Zwischenglieder zwischen der Spielart und der typischen Form, bei veränderter geographischer Verbreitung der ersteren, das ist der Hauptgrund zur Absonderung der Varietäten zu neuen selbstständigen Arten. Es sind in der That, in einer gegebenen Art Varietäten entstanden, diese werden durch Merkmale verbunden, so lange die typische Form existirt, aus der sie entstanden sind, aber ein vermittelndes Glied stirbt aus, verschwindet aus der Reihe und die Varietäten werden Arten, zwischen ihnen ist, so zu sagen ein Sprung, es fehlt die Allmählichkeit der Uebergänge. Aus den Varietäten sind neue Arten entstanden, die ebenso selbstständig sind, wie die selbstständige Art es war, aus der sie entstanden sind. . . . .»

---

1) Natürliche Schöpfungsgeschichte, 2. Aufl., S. 243.

2) Таксономическія единицы и группы. Москва 1867, стр. 82 и 90.

«Vom Gesichtspunkte der Variabilität der Arten aus, werden alle Zeugungskreise, die zu gegebener Zeit eine Art bilden, wenngleich sie sich auch zu Varietäten gruppiren können, untereinander durch Uebergangsglieder, unmerkliche Uebergänge der Merkmale so lange verbunden, bis die typische Form, die diese Varietäten erzeugt hat, ausstirbt, wenn sie in dem Kampfe ums Dasein unterliegt»; oder, füge ich noch hinzu, bis überhaupt einige von den verbindenden Uebergangsformen aussterben, wenn auch die typische Form fortdauert, was sowohl mit dem Geiste, wie mit dem Buchstaben von Darwins Lehre übereinstimmt. «Daraus folgt, fährt Prof. Ussow fort, dass alle Zeugungskreise (doch nur einer gegebenen Zeit), so verschieden sie auch sein mögen, zu einer Art gehören, wenn wir in ihren Merkmalen eine Reihe allmählicher Uebergänge finden, oder wenn aus directen Beobachtungen (wiederum zu einer gegebenen Zeit) der genetische Zusammenhang zwischen ihnen bekannt ist. Weiter, wenn die Zeugungskreise einander sehr ähnlich sind, aber die Uebergänge in Betreff einiger Merkmale nicht gefunden werden, und der genetische Zusammenhang dieser Zeugungskreise unbekannt ist, so müssen dieselben zu verschiedenen Arten gerechnet werden. Drittens, neu entdeckte Zwischenglieder (derselben gegebenen Zeitperiode) zwischen den Zeugungskreisen zweier Arten bedingen die Verschmelzung dieser Arten zu einer.

Auf diese Weise ist die frühere, von den Vertheidigern der Unveränderlichkeit gegebene Formel der Art für eine gegebene geologische Zeitperiode, folglich auch für die eine Epoche der Gegenwart vollkommen angewandt. Die Art ist eine Gruppe von Zeugungskreisen, die durch eine allmähliche Reihe Uebergangsformen, oder wenigstens vor unsern Augen einander erzeugender Formen, vollkommen verbunden sind. Wenn die Uebergangsformen sich unter den nächsten Gruppen befinden, so verschmelzen sie zu einer Art.

Diese Definition, die für eine geologische Zeitperiode und folglich auch für alle Arbeiten der Zoologen unserer Zeit passt, wird unzureichend, sobald ein neuer Factor, die Zeit, hinzutritt. Und doch ist so eine Definition in der Praxis, im Gebiete der Paläontologie, und dazu von englischen Zoologen, den nächsten Nachfolgern Darwin's angewandt. So nehmen Prof. Carpenter und besonders die Herren Brady, Johns und Parker[1]) in ihren Erforschungen der Foraminiferen die totale Summe der Formen die in einer ganzen Reihe geologischer Perioden nacheinander existirt haben, für eine Art an, wenn nur diese allmählich aussterbenden Formen durch vollständige Uebergänge verbunden sind. Doch ist es augenscheinlich, dass eine derartige Ansicht keine theoretische Kritik aushält. Die Art muss in der Zeit begrenzt sein. In der That, wenn wir zu besagter Definition der Art keine Ergänzung ebenfalls im Geiste von Darwin's Lehre, hinzufügen, nach der alle verwandten Arten und Gattungen eine gemeinschaftliche Stammform haben, und die folglich im Laufe der geologischen Perioden mit dieser Stammform durch Uebergangsformen verbunden sind,

1) z. B. Monographie der Polymorphina. Transact. of Linnaean. Soc. Vol. 27.

erscheint die Art als etwas höchst Verschwommenes, das sich immer mehr und mehr erweitert, je grössere Fortschritte wir in unseren paläontologischen Erforschungen machen, und das immer zahlreichere Gruppen von Organismen in sein Gebiet hineinzieht. Mit einem Wort, die Art wird unendlich und jede Classification unmöglich. Leider sind ausser genannten Engländern viele Repräsentanten der paläontologischen Wissenschaft unter den Evolutionisten, die sich mit dieser Definition begnügen und ihre gute Species ist weiter nichts, als so eine unbegrenzte Art. Die sichtbare Begrenzung derselben wird, wenn die Evolutionstheorie richtig ist, nur durch die Unvollkommenheit unserer Entdeckungen im Gebiete der Paläontologie bedingt. Es werden neue Entdeckungen gemacht und die Art erweitert sich immer mehr und mehr, zuweilen sogar über die Grenzen dessen hinaus, was wir für die Merkmale der Species halten, wie z. B. in den Gruppen *Vivipara* und *Melanopsis* [1]). Indessen werden von der Praxis und der Wissenschaft solidere Grenzen gefordert. Die oben angegebene Definition der Art wird in ihrer Anwendung für eine Reihe geologischer Perioden gewöhnlich durch folgenden Satz ergänzt: Die Art währt in der Zeit so lange fort, bis die typische Stammform existirt, oder so lange bei der Weiterexistenz der Stammform die verbindenden Glieder zwischen dieser und den äussersten Varietäten sich nicht verlieren. Sobald aber letzteres geschieht, erhalten diese äussersten Varietäten neue Speciesbenennungen. Um eine noch allgemeinere Formel zu gebrauchen: Die Art ist eine Gesammtheit von Zeugungskreisen, die durch die Uebergangsglieder nicht nur in der Zeit, (d. h. im Laufe aufeinanderfolgender Perioden) sondern auch im Raume (d. h. auf der Erdoberfläche in einem und demselben Zeitmoment) mit einander vollkommen verbunden sind. Ist aber diese Formel in der That, sogar mit der Ergänzung in allen Fällen der paläontologischen Praxis anwendbar? Beobachtungen der Entwicklungsgeschichte der Art, dort wo dieselbe in genauer Aufeinanderfolge studirt werden konnte, haben uns zwei Veränderungsweisen gezeigt [2]). In einigen Fällen war es ein vollständig stufenweiser, allmählicher Uebergang, die Arten gingen durch das kaum merkliche Anwachsen der Abweichungen in einander über. In andern Fällen schien die Form in ihrem Streben sich zu verändern plötzlich stille zu stehen, es stellte sich ein gewisser Typus fest, der sich während einer oder zwei, ja manchmal während drei aufeinanderfolgender geologischer Zonen entwickelte und darauf durch eine Reihe weniger, selten vorkommender Mittelformen, rasch in einen anderen Typus überging. Es ist augenscheinlich, dass diese letzte Uebergangsweise der Feststellung von schroff begrenzten Arten günstiger ist, während die erste, allmähliche Uebergangsweise immer ein Stein des Anstosses für jede Definition des Begriffes von der Art, namentlich für die praktische Anwendung dieser Definition in Bezug auf die eine oder die andere Form des organischen Lebens, bleiben wird. Wenden wir nun in der That die

---

1) Neumayer. Congerien- und Paludinen-Schichten in Slavonien. Abhandl. d. Wiener Geol. Reichsanstalt. 1875.

2) Siehe das soeben genannte Werk Neumayer's.

eben angegebene Formel der Art für so einen Fall sich allmählich verändernden Formen an, so werden wir gezwungen sein, um folgerichtig zu handeln, die Art mit der Generation oder vielleicht gar mit dem Zeugungskreise zu identificiren; die Kinder mit einem anderen Namen zu belegen als die Eltern. Jede Generation so einer sich verändernden Form unterscheidet sich durch irgend was von der vorhergehenden, und muss Kraft unserer Formel einen neuen Speciesnamen erhalten, sobald die vorangehende Generation ausstirbt. Sobald sich die Form ununterbrochen verändert, sterben die aufeinanderfolgenden Stadien dieser Veränderungen in dem Maasse aus, als sich die Abweichungen in der ferneren Nachkommenschaft ausbilden. Wir erhalten eine vom Urtypus abweichende Form, die aber mit demselben durch unmerkliche Uebergänge in der Zeit verbunden ist. Wo in so einem Falle, die erste Form aufhört und die neue beginnt, das sagt uns keine Formel. Wir müssen die Grenze der Veränderungen der Species, und diejenigen Merkmale zeigen, deren Erhaltung wir für wichtig halten, damit die Form ihren Speciesnamen beibehalte; da wir aber solche Merkmale in den meisten Fällen nicht auffinden können, so wird unsere Formel zu einer rein theoretischen, die mit der Natur nichts zu schaffen hat. Ein zweiter wesentlicher Mangel unserer Formel: Welche Quantität und welcher Grad von Uebergängen ist erforderlich, damit zwei gleichzeitige Formen für eine Species anerkannt werden? Kann nicht eine Mittelform, im Falle keine ununterbrochenen Uebergänge vorhanden sind, für eine dritte selbstständige Art gehalten werden? Die Antwort auf diese Fragen gehört freilich nicht zur Formel, und ohne dieselbe erscheint die Formel als ein todter, künstlicher bedeutungsloser Gemeinsatz. Doch zeigt sich der grösste Mangel dieser Formel in den bei weitem nicht seltenen Fällen, wo irgend eine Form eine Zeit lang neben ihrer Urform existirt, mit der sie durch Uebergänge verbunden ist, dann sich von derselben mit dem Aussterben der Uebergänge isolirt, oder nach Aussterben der Stammform allein weiter existirt. Sollen wir denn eine und dieselbe festgestellte Form während der ersten Hälfte ihrer geologischen Existenz mit einem Namen, und während der zweiten Hälfte, wenn sie allein ihre Stammform überlebt hat, mit einem anderen Namen nennen?

Ich wiederhole, dass dort, wo es sich um den Grad und die Quantität handelt, die Definition relativ, gekünstelt wird. Jeder künstliche Gemeinsatz kann nur so lange seinen Werth behalten, als er bequem und praktisch ist und keine Missverständnisse erweckt. Sobald solche vorkommen, muss die Definition als untauglich bei Seite geworfen werden. Desshalb müssen wir in der Praxis dennoch bei der Unbestimmtheit verbleiben, in welche der Begriff von der Art durch Darwin's Lehre gestellt worden. Unser Begriff von der Begrenzung der Art wird immer subjectiv und deshalb Schwankungen unterworfen bleiben. Mir persönlich scheint die Ansicht derjenigen Evolutionisten mehr Folgerichtigkeit zu haben, die, gleich Carpenter, der Art den weiten Begriff der ganzen Gruppe von Organismen zuschreiben, die durch Uebergänge unter einander verbunden werden. Bei denen ist wenigstens die Grenze der Arten für den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft durch unsere Unkenntniss streng begrenzt. Mit der Erweiterung unserer Kenntnisse wird sich auch

der Umfang der Art erweitern. Diejenigen aber, die die Art durch das Aussterben der Stammform und der Uebergangsformen begrenzen, sind selbst nicht im Stande dem einen oder dem andern Organismus einen genauen Platz im System anzuweisen. Das bewiesene Vorhandensein einer Mittelform ist für Carpenter hinreichend, um einen genetischen Zusammenhang zwischen zwei Arten anzuerkennen und dieselben zu einer Art zu verbinden. Für die Anhänger der anderen Formel ist es durchaus nicht hinreichend. Vor ihnen liegt eine ganze Reihe unlösbarer Aufgaben. Um wie viel ist diese Mittelform selbst nicht eine isolirte Art? Sind die existirenden Uebergänge genügend, um die Arten zu einer einzigen zu verbinden? Wie erfährt man es, ob eine gegebene Mittelform ein Ueberrest jener Formen ist, die vor Zeiten zwei, jetzt stark unterschiedene Arten mit einander verbanden. Was macht man, wenn die typische Form ausstirbt und einige ihrer Varietäten, die gleichzeitig mit ihr existirt haben, erhalten bleiben; sollen die mit neuen Speciesnamen belegt werden? Auf dies alles giebt es keine Antwort in der angegebenen Formel. Sie überlässt die Lösung dieser Fragen dem Gutdünken der Naturforscher. Wozu denn also die Formel, was nützt sie? Wäre es nicht besser die Unmöglichkeit einer genauen Begrenzung dessen anzuerkennen, was in der That keine Grenzen hat, und übereinzukommen, dasjenige für eine Art zu rechnen, was in der Praxis am bequemsten ist, da doch mit diesem Ausdruck die naturgeschichtliche Nomenclatur verbunden ist. Freilich wird diese practische Species nicht die anfängliche Linné'sche Bedeutung haben, aber jene ist ohnehin durch den Darwinismus vernichtet, und weder Carpenter noch Ussow suchen deren ursprüngliche Bedeutung wieder herzustellen.

Da in der Praxis der Umfang, den beide soben erklärte Definitionen dem Begriffe von der Art beilegen, gleich unbequem ist, und Prof. Carpenters Ansicht in geologischen Erforschungen erst recht unanwendbar ist, da für den Geologen nicht die Arten eines so weiten Umfanges wichtig sind, sondern im Gegentheil jede einigermassen festgestellte Form vom höchsten Interesse ist, so halte ich weder die eine noch die andere Definition für tauglich, um unser Ziel zu erreichen. Dagegen scheint mir die von deutschen Geologen, den Schöpfern eines neuen Systems der Ammonitiden, in der Praxis durchgeführte Ansicht auf dem Gebiete der paläontologischen und geologischen Forschungen höchst wohlthätig zu sein. In meiner oben erwähnten Arbeit von den Ammoniten der Gruppe *Amalth. funiferus* habe ich diese Ansicht durch folgende Sätze formulirt:

1) Zu einer selbstständigen Art müssen wir jede Form erheben, die für einen geologischen Zeitpunkt characteristisch ist, wenn auch diese Form sich von der verwandten aus vorangehender Zeit durch die allernichtigsten Eigenthümlichkeiten unterscheidet, die aber in gegebener geologischen Zeit bei einer bestimmten bedeutenden Anzahl von Zeugungskreisen heranwächst.

2) Zwei gleichzeitig existirende nahe Formen müssen nichts desto weniger für zwei von einander unabhängige Arten anerkannt werden, wenn beide in Menge vorkommen, und dabei seltenere unvollständige Uebergangsformen

bieten. So ein Fall zeigt nur, dass es der Form gelungen ist, nachdem sie sich in einer gegebenen geologischen Periode getheilt hat, in einer und derselben Periode zwei beständige Typen hervorzubringen.

3) Die frühere Definition «gute Species» entspricht einer genetischen Gruppe von Arten, die mit einander durch Uebergangsformen verbunden sind.

Es ist klar, dass zu dem zweiten Satze viele Formen passen, die von Andern für festgestellte schroffe Varietäten gehalten werden. Ich will nicht sagen, dass diese Andern Unrecht haben. Ich halte nur meine Begrenzung der Art bei paläontologischen Arbeiten für bequemer, und weiter nichts; dieser Begrenzung schreibe ich durchaus keine natürliche Bedeutung zu, da so eine Bedeutung dort nicht angenommen werden kann, wo die Natur keine Grenzen geschaffen hat. Ich sage nur, dass wir, Paläontologen, die Art möglichst eng begrenzen müssen. Wie oft z. B. haben wir mit einem Lager zu schaffen, dessen einzelne Schichten sich petrographisch nicht unterscheiden. Wenn wir in so einem Lager zwei verwandte Formen finden, so können wir oft nicht sagen, ob diese zwei Formen, in der ganzen Masse des Lagers gleichzeitig existiren; ob die eine Form im Verlaufe der gegebenen Epoche die andere erzeugt hat, ob die erste neben der zweiten weiter existirt, oder ob jene vor dieser ausgestorben ist, oder endlich, ob vielleicht beide das Erzeugniss auseinandergehender Merkmale, während der Veränderung einer dritten, noch älteren Form sind.

Waagen hat vorgeschlagen[1]) für die Formen, die das Resultat von Modificationen der Zeit sind, einen besonderen Ausdruck Mutation anzunehmen, und den Modificationen im Raume den früheren Namen «Varietäten» zu lassen. Doch hat seine Nomenclatur wenige Anhänger gefunden und ist in der Paläontologie gar nicht angenommen worden. Ja er selbst hat dieselbe als vollkommen nutzlos in der Praxis in seinen späteren Werken nicht mehr gebraucht.

VII. Die Literatur.

Um bei der Beschreibung der Arten die Möglichkeit zu haben, mich auf die Literatur des Gegenstandes kurz zu berufen, führe ich hier in alphabetischer Reihenfolge diejenigen Werke an, die ich bei der Definition und der Beschreibung untenstehender Cephalopoden-Arten benutzt habe. Noch muss ich hinzufügen, dass ich bei Einzelbeschreibungen der Formen nur diejenigen Werke nenne, in denen die Form entweder zum ersten Mal beschrieben wurde, oder die eine gute Abbildung derselben oder beachtungswerthe Anweisungen enthalten.

---

1) Die Formenreihe d. Am. subradiatus. Beneckes geognost. paläontol. Beiträge, Bd. II.

Ammon. Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau. München. 1875.
Brauns. Der mittlere Jura des nordwestlichen Deutschlands. Cassel. 1869.
Brauns. Der obere Jura im nordwestlichen Deutschland. Braunschweig. 1874.
Bronn. Lethaea geognostica 3. Auflage. 1851—56.
Buch. Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformation in Russland. Berlin. 1840.
Buch. Recueil de planches de Petrifications remarquables. 1831.
Buch. Trois planches d'Ammonites.
Dumortier et Fontannes. Descr. d'Ammonites de la zone à Am. tenuilobatus de Crussol. Lyon. 1876.
Eichwald. Lethaea rossica Second volume. Periode moyenne. Stuttgart. 1865—68.
Favre. Descr. d. Fossiles du terrain oxfordien des Alpes Fribourgeoises. 1877.
Favre. La zone à Ammonites acanthicus dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. 1878.
Fischer von Waldheim. Bull. d. l. Soc. des Natur. à Moscou. 1837.
Fischer von Waldheim. Bull. d. l. Soc. des Natur. à Moscou. 1843.
Fischer von Waldheim. Oryctographie du gouvernement de Moscou. 1837.
Hyatt. Genetic. Relations of Stephanoceras. Proceedings of the Boston Society of Natural. History. Vol. XVIII. Part IV. Boston. 1876.
Keyserling und Krusenstern. Wissenschaftl. Beobachtungen auf einer Reise in d. Petschora-Land. Petersb. 1846.
Loriol et Cotteau. Monogr. palaeontol. et geolog. de l'étage Portlandien du départ. de l'Yonne. Paris. 1868.
Loriol et Pellat. Monogr. paleontol. et geolog. de l'étage Portlandien d'envir. de Boulogne sur Mer. Paris. 1867.
Loriol et Pellat. Monogr. paleontol. et geolog. de l'étage super. de la formation jurass. de Boulogne sur Mer. Paris. 1874—75.
Loriol, Royer et Tombeck. Descr. geol. et paleont. des étages super. de la Haute-Marne. Paris. 1872.
Loriol. Monogr. paleont. de la zone à Am. tenuilobatus de Baden. 1877—79.
Neumayer. Ueber neue Cephal. d. Macrocephal.-Schichten. Jahrb. d. Wiener geolog. Reichsanst. 1870. № 2.
Neumayer. Cephalop.-Fauna d. Oolithe v. Balin. Abhandl. d. Wiener geol. Reichsanstalt. 1871.
Neumayer. Die Ammoniten d. Kreide u. d. System d. Ammoniten. Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellsch. 1875.
Neumayer. Ornatenthone v. Tschulkowo u. d. russ. Jura. Benecke's geogn. paläontolog. Beiträge. 2. Band. 3. H. 1876.
Никитинъ. Аммониты группы Amalth. funiferus. Bull. d. l. Soc. d. Natur. de Moscou. 1878.

Oppel. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. 1856—58.

Oppel. Paläontolog. Mittheilungen aus dem Museum des bayrischen Staates. Stuttgart. 1862—65.

Oppel. Ueber die Zone des Am. transversarius. Benecke's geol. paläontol. Beiträge. Band 1. 1866.

d'Orbigny. Paleont. française. Terrain jurass. Cephalopodes. 1842.

d'Orbigny. Geologie de la Russie. Terrain secondaire. Murchison, Verneuil et Keyserling. Geol. d. l. Russie. Vol. II. 1845.

d'Orbigny. Prodrome de paleontologie stratigr. universelle. Paris. 1850—52.

Phillips. Illustrations of the geol. of Yorkshire. 1829.

Pratt. Annals and Magazine of natural. history. Vol. VIII. 1841.

Quenstedt. Petrefactenkunde Deutschlands. I. B. Cephalopoden. 1846—4°

Quenstedt. Der Jura. Tübingen. 1858.

Reinecke. Maris. protogaei Nautilos et Argonautas vulgo cornua Ammonis etc. Coburg. 1818.

Roemer. Versteinerungen des Norddeutschen Oolithgebirges mit Nachtrag. Hannover. 1836—39.

Rouillier. Etudes paleont. sur les environs de Moscou. Bull. d. l. Soc. Natur. de Moscou. 1846—49.

Schlotheim. Die Petrefactenkunde. Gotha. 1820.

Seebach. Der hannoversche Jura. 1864.

Sowerby. Mineral-Conchology of Great.-Britain. London. 1812—46.

Suess. Ueber Ammoniten. Sitzungsberichte d. Wiener Academie. Band 52. 1865; B. 61. 1870.

Trautschold. Kritische Notiz über Am. cordatus und Lamberti. Bull. d. l. Soc. d. Natur. d. Moscou. 1858.

Trautschold. Recherches geol. aux envir. de Mosc. 4 mém. Bull. d. Mosc. 1859—61.

Trautschold. Uebergänge und Zwischenvarietäten. Bull. d. Mosc. 1860.

Trautschold. Der Moskauer Jura verglichen mit dem Westeuropäischen. Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch. 1861.

Trautschold. Der Glanzkorn-Sandstein an d. Oka. Bull. d. Mosc. 1863.

Trautschold. Zur Fauna d. russisch. Jura. Bull. d. Moscou. 1866.

Trautschold. Ergänzung zur Fauna d. russisch. Jura. Verhandl. d. St. Petersb. Mineral. Gesellsch. 1876.

Waagen. Der Jura in Franken, Schwaben und Schweiz. München. 1864. Würtemb. naturwissensch. Jahresh. Band XX.

Waagen. Die Formenreihen des Amm. subradiatus. Benecke's geognost. paläont. Beiträge Band II, 1869.

Waagen. Ueber die Ansatzstelle des Haftmuskels beim Nautilus und den Ammoniten. Paläontographica. Band XVII. 1870.
Waagen. Cephalopoda of the Jurassic Deposits of Kutch. Palaeontologia indica. Calcutta. 1873—75.
Vischniakoff. Observations sur la dernière lage de quelques Ammonites de Russie. Bull. de Moscou. 1878.
Zieten. Versteinerungen Würtembergs. Stuttg. 1830—33.
Zittel. Die Cephalopoden der Stramberg-Schichten. 1869.
Zittel. Die Fauna d. älteren cephalopodenführenden Tithonbildungen. 1870.

VIII. Beschreibung der Versteinerungen.

Classe Cephalopoda.

Ammonitidae.

Amaltheus Montf.[1])

a) Die Gruppe Lamberti.

1. Amaltheus Lamberti Sow.

Fig. 1—3.

Amm. Lamberti Sow. p. 73. Pl. 242. fig. 1—3.
idem d'Orb. 1842. p. 483. Pl. 177. fig. 5—11; Pl. 178.
idem Bronn. Tab. XXII, fig. 14.
Am. Leachi d'Orb. 1845. Pl. XXXV; fig. 7—9.
Amalth. Lamberti. Никитинъ 1878. p. 121, fig. 2—4.

Diameter.	Simb. 77 Mm.	Jaroslaw. 51 Mm.	Calvados. 90 Mm.
Höhe des letzten Umganges im Verhältniss zu dem Diameter	0,36	0,31	0,33
Weite des Nabels	0,31	0,36	0,30
Dicke	0,29	0,24	0,30

Eine flache Muschel; die Umgänge umfassen die vorhergehenden nur bis zur Hälfte, wodurch ein breiter flacher Nabel entsteht. Die Form des Durchschnittes wechselt ausser-

1) Die Diagnose der Genera. s. Neumayer. Die Ammoniten der Kreide etc. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1875.

ordentlich mit dem Alter. Bei den allerjüngsten (in den ersten Umgängen) ist sie vollkommen rund, darauf wird sie oval und zuletzt zugespitzt. Im ausgewachsenen Lebensalter hat derselbe das Ansehen eines langen Dreiecks mit convexen Seiten und einem stumpfen, abgerundeten Gipfel.

Auf den ersten Umgängen ganz glatt, bekommt *Am. Lamberti* allmählich Rippen, zuerst einfache, dann dichotome; darauf sondern sich die einen von den Zweigen der Haupt-Rippen ab, d. h. derjenigen, die über die ganze Seitenfläche der Muschel gehen, wodurch zwischen den Hauptrippen eine, zwei, ja sogar drei secundäre Rippen entstehen, die den Hauptrippen gleich, auf der siphonalen Seite stark entwickelt sind und zum Nabel hin sich allmählich ausgleichen. Die Hauptrippen heben sich im umbonalen Theile der Seitenfläche etwas schärfer ab. Die Rippen geben der siphonalen Seite ein eckiges Ansehen und scheinen mit einander zu verschmelzen, indem sie auf den jungen Umgängen eine Art niedrigen Kieles bilden. Bei den vollkommen ausgewachsenen Formen wird der Abstand zwischen den Rippen grösser. Bei kleinen vollständigen Exemplaren heben sich die Hauptrippen, zur Wohnkammer gelangend, nur stärker und setzen sich auf diese fort. Bei ganz ausgewachsenden verschwinden die Rippen allmählich und die Wohnkammer erscheint schon ganz glatt. Auf gut erhaltenen russischen Exemplaren sieht man ausser den Rippen die fein gestrichene Oberfläche der Muschel, wobei die Richtung der Striche die typische Form der Mündung andeuten die *Amalth.* eigen ist; die Richtung stimmt mit derjenigen der Rippen nicht überein.

Loben und Sattel verändern sich ausserordentlich mit dem Alter. In der Jugend haben sie das bei d'Orbigny Pl. 179 abgebildete Aussehen. Der siphonale Lobus theilt sich dann in zwei Endzweige; der Siphonsattel ist fast ganz; der erste laterale Sattel ist bedeutend grösser als der zweite; die lateralen Sättel sind breiter als die entsprechenden Loben; Sattel und Loben sind nur schwach zerschnitten, die Hülfssättel sind nur schwach entwickelt. Der zum Ende des Siphonallobus geführte Radius berührt nur den ersten Lateralbus. Mit dem Alter wird alles dies anders, der siphonale Lobus schliesst mit zwei, sich verzweigenden Enden. Sattel und Loben verzweigen sich, der zweite Lateralbus wird zweiendig; die Hülfssättel werden stark entwickelt; der Radius des siphonalen Lobus kreuzt den ersten lateralen. Wenn wir mehrere Exemplare *A. Lamberti* aus verschiedenen Gegenden betrachten, so sehen wir, dass die Loben, bei ungefähr gleichem Alter, in ihrer Breite und in der Verzweigung der Sättel bedeutend variiren, und diese Eigenschaft besitzen, wie es scheint, in gleichem Grade sowohl die russischen, wie auch die französischen und englischen Formen, die in meiner Sammlung sind, so dass die untergeordneten Einzelheiten der Lobenlinien in dieser Gruppe von Ammoniten augenscheinlich keine Bedeutung für die Species haben.

Indem wir die mit dem Alter zusammenhängenden Veränderungen an den *Am. Lamberti* beobachten, bemerken wir in ihrer Jugend und im Alter eine grosse Annäherung an die Formen *Am. Galdrinus* d'Orb. und *Am. Stuckenbergii* Lahusen, weshalb sie in genetischer Beziehung für die nächsten Formen zu halten sind. Diese überhaupt sehr veränderliche

Art variirt vorzugsweise in folgenden Richtungen: 1) Die Rippen werden stärker und weniger gedrängt und die Form nähert sich den *Am. Leachi* Sow und *Am. Mariae* d'Orb. 2) Die Umgänge werden immer stärker und stärker, die Rippen neigen sich immer weniger vorwärts und die Form nähert sich den *Am. Rybinskianus Nik.*, *Sutherlandiae* Murch., *Mologae* Nik. D'Orbigny, dem nur junge Exemplare russischer *Am. Lamberti*, *Leachi* und *Mariae* bekannt waren, rechnete sie zu der letztgenannten Species und beschrieb so eine junge Mittelform, die sich auf alle drei beziehen kann.

In Deutschland, Frankreich und England findet man *Am. Lamberti* schon in den allerobersten Schichten der Zone *Pelth. athleta*, von wo sie dann in die Zone *Aspid. perarmatum* übergeht, oder nach der Meinung anderer eine besondere Zone *Am. Lamberti* bildet.

Robert Damon hat einen *Am. Lamberti* aus Oxforclay (Zone *Pelth. athleta*) unter dem Namen *Am. vertebralis* (*Geolog. of Weymouth.* Suppl. 1880. Tab. 1 Fig. 2.) abgebildet. Es ist hinreichend nur die Abbildung der echten *Am. vertebralis* aus Coral-rag (Zone *Am. cordatus.* *Geol. of Weym.* Suppl. 1880. Tab. XVII Fig. 2) zu vergleichen, um sich zu überzeugen, dass es zwei verschiedene Formen sind. Ich selbst habe von Damon diese englischen Ammoniten bekommen und finde gar kein Merkmal, durch das sich sein *Am. vertebral.* aus dem Oxfordclay vom typischen *Am. Lamberti* unterscheidet. Mir ist ein echter *Amalth. Lamberti* unter ausgezeichneten Musterstücken aus Simbirsk bekannt. Ausser dem besitze ich Bruchstücke aus verschiedenen Gegenden des mittelrussischen Jura. Im Gouv. Jaroslaw findet man nur kleine Exemplare, nicht über 40 Mm. im Durchmesser, die mit den typischen *Am. Lamberti* in ihrer flachen Form, in dem zugespitzten Durchschnitt, in den feinen und dichten Rippen und den im Nabeltheile hervortretenden Hauptrippen, vollkommen ähnlich sind. Ausgewachsenere Exemplare sind mir dort nicht vorgekommen. Jedenfalls ist diese Form im Gouv. Jaroslaw sehr selten.

Fig. 1. Ein Exemplar aus Selichowo. Die rechte Seite der Flächenansicht ist nicht ganz genau gezeichnet

Fig. 2. Lobenlinie des Exemplars von Simbirsk. Moskauer Univers.[1])

Fig. 3. Lobenlinie eines Exemplars von Calvados. Moskauer Univers.

2. Amalth. Leachi. Sow.

Fig. 4—7.

Am. Leachi Sow. Pl. 242, fig. 5.

Amalth. Mariae d'Orb. (pars) Никитинъ 1878, p. 124, fig. 5.

Der Durchmesser	120	64	46
Die Höhe	0,28	0,28	0,30
Die Weite des Nabels	0,24	0,36	0,35
Die Dicke	0,46	0,31	0,30

1) In meiner früheren Arbeit waren diese Zeichnungen zufällig umgetauscht.

Ein Ammonit, der dem vorhergehenden ausserordentlich nahe steht, unterscheidet sich durch stärkere Umgänge. Die Form des Durchschnittes ist in der Jugend abgerundet, wird darauf in Folge der Erhöhung der Umgänge mehr oder weniger oval, mit einem stumpfen Gipfel. Nur bei ganz ausgewachsenen Exemplaren beginnt das Oval, zur Wohnkammer gelangend, sich im umbonalen Theile der Seitenfläche zu erweitern. Die Rippen sind stark; zwischen den Hauptrippen sieht man eine, seltener zwei kurze sich an den Seitenflächen verlierende Rippen; nur selten dichotomiren die Rippen. Durch die Stärke der Rippen ist die siphonale Oberfläche eckig. So wie an der typischen Form *Am. Lamberti,* verschmelzen die Rippen an der siphonalen Oberfläche der jungen Umgänge, zu einem stumpfen, niedrigen Kiel, der an der Wohnkammer verschwindet. Die Rippen an den jungen Exemplaren erstrecken sich auch auf die Wohnkammer, gerade bis zur Mündung. An den ausgewachsenen Formen werden sie stärker, niedriger und verschwinden nach und nach vom Nabeltheile der Seitenfläche an. Die Wohnkammer ist an der Mündung ganz glatt. Sie nimmt etwas weniger als einen ganzen Umgang ein.

Die Loben unterscheiden sich im Allgemeinen von denen des *Am. Lamberti* durch grössere Einfachheit der Sättel auf Exemplaren von entsprechender Grösse. Während an dem typischen *Am. Lamberti* beide laterale Sättel fast gleich zerschnitten sind, ist an dem *Amalth. Leachi* der zweite Sattel viel schmäler als der erste.

In meiner letzten Arbeit habe ich diese Form mit *Am. Mariae* d'Orb. identificirt, der ebenfalls im mittelrussischen Jura vorkommt. Jedoch lässt mir jetzt das nähere Kennenlernen der französischen Exemplare der letztgenannten Form, die ich erhalten habe, diese Form als eine zwar sehr nahe, doch besondere, sich durch weniger dichte und hohe Rippen unterscheidende ansehen. Besonders aber unterscheidet *Am. Mariae* von *Am. Leachi* und *Rybinskianus* der scharfgezackte siphonale Rand.

Am. Leachi wird in der Ober-Kelloway-Formation Englands (*Clunchclay Weymouth*) angezeigt. Im Jura von Jaroslaw ist *Am. Leachi* unter den Versteinerungen der Schicht vorherrschend.

Fig. 4—6. Selichowo, Bolobanowo. Die Berippung der Seitenansicht fig. 5 ist auf der rechten Seite nicht exact wiedergegeben.

Fig. 6. Ein Exemplar mit fast ganzer Wohnkammer.

Fig. 7. Eine Lobenlinie.

Unter den Exemplaren dieser Form bin ich in dem Jura bei Rybinsk auf eine merkwürdige Unförmlichkeit gestossen, die sich in der Symetrielosigkeit der Muschelverzierungen äussert. Die Muschel hat sich bis zur Erreichung von ungefähr 20 Mm. im Durchmesser regelmässig entwickelt, darauf biegt sich der Kiel plötzlich zur Seite und behält diese Richtung bis zum Ende der Muschel, in so weit sie sich erhalten hat. Dabei hat sich die kleinere Seite ganz abgeflacht. Die Rippen der grösseren Seite gehen längs der siphonalen Oberfläche bis zum Seitenkiel weiter, indem sie sich regelmässig nach dem Typus *Lamberti* entwickeln, während die secundären Rippen auf der kleineren Seite kaum entwickelt sind. Es ist merk-

würdig, dass diese Abnormität der äusseren Form auf die Disposition der Lobenlinien durchaus keinen Einfluss gehabt hat. Der siphonale Lobus geht längs der mittleren Linie der Muschel weiter und der Kiel kommt auf den ersten lateralen Sattel.

3. Amalth. Rybinskianus Nik.

Fig. 8—9.

Amalth. Rybinskianus. Никитинъ 1878, p. 124, fig. 6.

Der Durchmesser	80	57
Die Höhe	0,34	0,25
Die Weite des Nabels	0,30	0,26
Die Dicke	0,60	0,44

Dieser Ammonit unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch etwas stärkere Rippen, die öfters dichotomiren, oder nur eine sekundäre Rippe zwischen den Hauptrippen haben. Die Rippen sind abgerundet, nicht scharf, wie bei *Am. Mariae*. Den die Rippen verbindenden Kiel findet man nur an den allerjüngsten Umgängen. Den Hauptunterschied bietet die dickere Form, die unvergleichlich rascher, als bei den vorhergehenden, sich zur Wohnkammer hin erweitert. Das abgebildete Exemplar zeigt uns nur den Anfang der Wohnkammer; auf den Bruchstücken, die ich besitze, erweitert sich diese Kammer noch mehr zur Mündung hin, so dass die Weite derselben einen Durchmesser bis 0,90 bildet. Die von mir in meinem früheren Werke bemerkte grössere Weite und geringere Höhe der Sättel dieser Form, im Vergleich zu *Am. Leachi*, hat sich bei wiederholter Untersuchung als eine beiden Formen eigenthümliche Abweichung der Lobenlinie auf den letzten Scheidewänden vor der Wohnkammer, bei ausgewachsenen Formen erwiesen.

Diese mit der vorhergehenden eng verbundene Form liegt mit jener zusammen in Bolobanowo und Selichowo, wird aber unvergleichlich seltener angetroffen. Die fernere Abrundung der Umgänge führt zur nächsten Form. Von *Am. Sutherlandiae* Murch. unterscheidet sie sich durch einen eckigen Durschschnitt der Wohnkammer, die niemals jenen abgerundeten Umriss erlangt, der bei d'Orbigny für diese letzte Form abgebildet ist.

4. Amalth. Mologae Nik.

Fig. 10—12.

Amalth. Frearsi d'Orb. Никитинъ 1878, p. 129, fig. 9—10.

Der Durchmesser	70	50
Die Höhe	0,30	0,34
Die Weite des Nabels	0,25	0,30
Die Dicke	0,70	0,52

Eine ganz aufgeblasene Form, deren Umgänge die vorhergehenden stark umfassen, sodass der Nabel tief und schmal, viel tiefer als bei den vorhergehenden Formen ist. Der Durchschnitt bietet einen regelmässigen, abgerundeten bogenförmigen Umriss.

An den Umgängen der ausgewachsenen Exemplare biegt sich der Nabeltheil der Seitenfläche so scharf um, dass er mit dem siphonalen Theile einen rechten Winkel bildet, wodurch die Nabelkante die zur Befestigung der nächstfolgenden Umgänge dient, sich scharf abzeichnet.

Die Rippen sind stark, manchmal dichotom; am öftesten befindet sich zwischen den Hauptrippen noch eine secundäre Rippe, die den Nabel nicht erreicht. In der Jugend biegen sich die Rippen nach vorn, werden aber darauf ganz radial und gerade. Sie haben keinen Kiel, sogar in den jungen Exemplaren. Mit der Annäherung zur Wohnkammer gleichen sich die Rippen aus, und die Wohnkammer wird ganz glatt. Loben und Sättel sind verlängert; der zweite Seitenlobus ist dichotom. *Am. Mologae*, der in früher Jugend dem *Am. Leachi* ähnlich ist, gleicht später den *Am. Rybinskianus* und bekommt endlich im ausgewachsenen Alter sich scharf unterscheidende Merkmale in der Form des Durchschnittes, in der Stärke und der ganz geraden Richtung der Rippen in der deutlich begrenzten Nabelkante, aber ohne irgend welche Knoten an den Stellen, wo die Rippen sich spalten. Die secundären Rippen liegen nur zu einer zwischen den Hauptrippen, während *Am. Sutherlandiae* ihrer zwei und drei hat. Der zweite Seitenlobus ist auch an den ausgewachsenen Formen dichotomisch. Von *Am. Lalandaeanus d'Orb.* unterscheidet sich unsere Form durch stärker gebogene Rippen auf den jungen Umgängen, durch eine fast völlige Abwesenheit der secundären Rippen am *Lalandaeanus*. Die Form des Durchschnittes dieser Muschel ist stark zusammengedrückt, sogar an den ausgewachsenen Exemplaren.

In meinem ersten Werke ist dieser Ammonit mit A. Frearsi d'Orb. 1845 Tab. 37 fig. 1 — 2 identificirt, mit dem er viel Aehnlichkeit hat. Doch noch mehr erinnert d'Orbigny's Zeichnung an eine andere Form *Am. Elatmae*, die ich vorigen Sommer in der Umgegend von Elatma gefunden habe. Da Prof. d'Orbigny die Beschreibung der Lobenlinie dieses Ammoniten nicht giebt, der angewiesene Fundort, Choroschowo, unwahrscheinlich ist, und da überhaupt die Localitäten in d'Orbigny's Werk vermischt sind, so übernehme ich es nicht, bestimmt zu sagen, welche russische Form dieser Gelehrte «Frearsi» genannt hat. Jedenfalls bleibt es zweifelhaft ob Versteinerungen aus Rybinsk auch zu dem von Murchisons Expedition gesammelten Material gehörten, da ihm persönlich der Jura bei Rybinsk ganz unbekannt war. Da, so viel mir aus dem Besehen verschiedener Sammlungen russischen Jura's bekannt ist, die verschiedenartigsten Formen mit dem Namen A. Frearsi bezeichnet werden, so ziehe ich es vor, um einer weiteren Confusion in der Nomenclatur vorzubeugen, diesen Namen aus dem Register der russischen Fossilien ganz zu streichen, und den beiden mir bekannten Formen, die sich der Abbildung d'Orbigny's nähern besondere Namen zu geben.

Selichowo, Schicht mit Amalt. Leachi.

Fig. 10, 11 und 12. Die letzte stellt eine ausgewachsene Form, mit fast volkommener Wohnkammer vor.

Die Gruppe *Amalth. Lamberti, Leachi, Rybinskianus* und *Mologae* bilden eine ununterbrochene Reihe, die sich zudem in derselben Gegend und in derselben Etage befindet. Doch bietet ein jeder derselben einen festgestellten Typus, der in einer grossen Anzahl von Exemplaren in den Sammlungen vorkommt, während die Uebergangsformen zwischen denselben höchst selten sind. Es würden sich kaum einige ganz ausgewachsene Exemplare finden, die ich ohne zu zögern zu der einen oder anderen Species rechnen könnte. Von meinem Gesichtspunkte aus sind es alles selbstständige Speciesformen. Doch vom Gesichtspunkte der Paläontologen, die der Art den Begriff einer bedeutenden Grösse zuschreiben, sind freilich alle vier beschriebenen Formen festgestellte Varietäten. Doch wenn wir uns erinnern, dass die Form der Muschel derjenigen des Muschelmantels strenge folgt, und die Form des letzteren wiederum das Aeussere des Thieres selbst beeinflussen muss, so sehen wir uns gezwungen zu gestehen, dass zwischen dem Mollusken, der die Muschel Am. Lamberti bewohnte und demjenigen im *A. Mologae* ein gewaltiger Unterschied existiren müsste. Zu dieser Reihe müssen noch solche Formen wie *A. Mariae* d'Orb., *vertumnus*[1]) Leck., *Sutherlandiae* Murch., *Lalandaeanus* d'Orb. und *Galdrinus* d'Orb. hinzugefügt werden, ausserdem noch zwei, bis jetzt nirgends beschriebene russische Formen, die sich in meinen Sammlungen befinden. Alle sind in einer und derselben geologischen Etage gefunden. Als ältere mit der Gruppe *Amalth. Lamberti* genetisch verbundene Form ist *Amalth. Stuckenbergii* Lahusen, aus den untern Kelloway-Schichten des nördlichen Russland's zu rechnen.

b) Die Gruppe cordati.

5. Amalth. excavatus Sow.

Fig. 13—15.

Ammon. excavatus Sow. Pl. 105.
Amm. cordatus d'Orb. Terr. jurass. p. 514, Pl. 193.
Amalth. excavatus. Никитинъ 1878, p. 140.

---

1) Damon. Geol. af Weymouth suppl. 1880, Tab. I, fig. 3.

	d'Orb. Pl.193.	Fig. 13.
Der Durchmesser	170	54
Die Höhe	0,27	0,34
Die Weite des Nabels	0,11	0,30
Die Dicke	0,37	0,34

Eine etwas aufgeblasene Form, deren Umgänge die vorhergehenden stark umfassen, wodurch die Weite des Nabels bei den ausgewachsenen Formen unbedeutend wird. Die Form des Durchschnittes ist herzförmig, mit eingedrückten Seiten am Kiel. An den letzten Umgängen der grossen Exemplare ist diese Einbiegung kaum bemerkbar. Der Kiel ist zugespitzt; die Höhe desselben nimmt mit dem Alter zu. Die Rippen sind ausserordentlich characteristisch. Die Hauptrippen spalten sich meistens in zwei, wenn sie ungefähr ein Drittel ihrer Länge erreicht haben, bei den jungen Exemplaren geschieht es früher. Jeder der sich bildenden Zweige geht anfangs etwas strahlenförmig, oder biegt sich sogar etwas rückwärts, dann biegen sie sich sichelförmig nach vorn, auf dem Kiel in einen dicken, stumpfen Knoten übergehend. Zwischen je zwei Hauptrippen sieht man eine, auch zwei secundäre Rippen von demselben Aussehen und mit derselben Richtung wie die Zweige der Hauptrippe; diese secundären Rippen vereinigen sich nicht mit den Hauptrippen und verlieren sich auf der Seitenfläche. Die Wohnkammer der jungen Individuen ist ganz bedeckt mit Rippen, an den alten aber verschwinden diese allmählich ganz und die Wohnkammer wird vollkommen glatt.

Die Loben und Sättel der russischen Formen stimmen mit denen der französischen Form, die bei d'Orbigny Pl. 193 fig. 3. abgebildet ist, fast gänzlich überein, nur ist der erste rechte Lobus etwas schmäler und der Siphonalsattel nicht so hoch. Da ich Gelegenheit hatte an einem grösseren Exemplar dieser Form die noch nirgends vollständig beschriebene Lobenlinie zu beobachten, bringe ich hier die Abbildung und die genaue Beschreibung derselben. Die ersten Seitensättel theilen sich in ihrem oberen Theile beständig in zwei Zweige, die sich an den grossen Exemplaren wiederum in zwei, seltener in drei Theile spalten. Der zweite Seitensattel hat auch zwei Enden. Die Zweige sind dick und kurz. Die Abzweigungen derselben gehen nicht weiter, als bis zu den Zweigen zweiter Ordnung; weshalb sich niemals stark verzweigte Formen bilden, die vielen Gliedern aus anderen Gruppen der Art *Amalth.* eigen sind. Jedenfalls wird die Tiefe der Zweige und ihr Einschnitt mit dem Alter grösser. Der siphonale Lobus ist breiter als die ersten Seitenloben, die nur an den jüngeren Umgängen etwas kürzer, sonst von derselben Länge, wie dieser sind; er läuft immer in zwei Zweige aus und trägt an den Seiten zwei, seltener drei Paar Zweige. Der antisiphonale Lobus schliesst mit einem Hauptzweige und liegt tiefer, als die andern. Die Seitenloben sind keilförmig. An der Aussenseite der Umgänge sind zwei, an der Innenseite vier Hülfssättel, die in der Richtung zum antisiphonalen Lobus, allmählich höher werden.

In meiner vorigen Abhandlung habe ich auf mehrere Fälle gewiesen, die uns deutlich

zeigen, dass der Bau der Einzelheiten der Lobenlinie durchaus nicht als ein hinreichend beständiges Merkmal erscheint, um denselben bei Aufstellung neuer Speciesformen ausschliesslich benutzen zu können. So sind in dem *Genus Amalth.*, wie es scheint, viele, sogar recht grobe Züge dieses Baues nicht immer beständig. Fig. 14 und 15 zeigen uns Lobenlinien, die mit grosser Genauigkeit verschiedene Umgänge eines und desselben Exemplars von *Am. excavatus* abbilden, das in meiner Sammlung aufbewahrt wird. Schon der Character des zweiten Seitenlobus wird an denselben verschieden. Die Fähigkeit dieses Lobus aus einem einendigen zweiendig zu werden habe ich an verschiedenen Gliedern der *Genus Amalth.* bemerkt. Am *Amalth. excavatus* aber zeichnet sich sogar der erste Seitenlobus durch diese Eigenschaft aus. Fig. 15 zeigt uns sogar einen Fall, wo der Lobus von der einen Seite Ein Ende hat und von der an dern zweiendig ist. Das ist wol eine seltene Erscheinung, eine Ausnahme, die sich durch den schärfern Wuchs eines der unteren Seitenzweige dieses Lobus erklären lässt.

Diese Form steht der ältern Form *Am. Chamauseti* d'Orb. und von der andern Seite den *Amal. rotundatus* Nik. und *cordatus* Sow. am nächsten. Von der ersteren ist sie wesentlich verschieden durch den Character der Rippen, die sich am Nabeltheile der Seitenfläche nicht ausglätten. Vom zweiten, *Am. excavatus* unterscheidet sich durch unvergleichlich geringere Dicke und durch ein ganz anderes Verhältniss der Höhe zur Dicke der Umgänge.

Die letzte Form *Amalth. cordatus* zeichnet sich durch einen unvergleichlich mehr offenen Nabel aus, was sich besonders an ausgewachsenen Exemplaren äussert, die aber auch ganz verschieden sind. Die jungen Exemplare zeichnen sich dadurch aus, dass bei gleichem Durchmesser die Höhe der Umgänge am *Am. excavatus* beträchtlicher ist, als am *Am. cordatus*. Die bei d'Orbigny dargestellten Formen (Quenstädt. Der Jura p. 535) trifft man in Waches-Noires (in den unteren Oxfordschichten?).

Fig. 13 bietet ein junges Exemplar von *Am. excavatus* aus der Etage des *Am. cordatus* Bolobanowo und Selichowo, wo ganze Exemplare höchst selten sind. Das abgebildete bei Exemplar gehört der Moskauer Universität. In meiner Sammlung sind einige Bruchstücke von grossen Exemplaren dieser Art, die der Abbildung d'Orbigny's ähnlich sind. Von denselben sind die Fig. 14 und 15 abgebildet.

6. Amalth. rotundatus Nik.

Fig. 16.

Amalth. rotundatus. Никитинъ 1878. p. 141, fig. 12.

Der Durchmesser	50	31
Die Höhe	0,37	0,40
Die Weite des Nabels	0,25	0,29
Die Dicke	0,50	0,50

Diese Art ist dicker, als die vorhergenannte und mit einem etwas breiteren Nabel. Der Durchschnitt ist ganz herzförmig, nur am Kiele etwas eingebogen. Die Hauptrippen bilden an den Bifurcationsstellen kleine Knoten; von hier biegen sie sich etwas rückwärts und endlich, plötzlich vorwärts, bei der Wendung einen deutlich ausgeprägten Winkel bildend.

Die Verzweigung und Anzahl der secundären Rippen ist ganz wie bei der vorhergehenden Art. Die Umgänge an den jungen Exemplaren sind ganz abgerundet. Die Wohnkammer ist mir völlig unbekannt; soviel man aber nach einem Bruchstück der Wohnkammer urtheilen kann, ist dieselbe mit Rippen bedeckt. Doch ist es richtiger vorauszusetzen, dass auch an dieser Form wie an den ihr verwandten, so viel deren ganze Exemplare bekannt sind, die Wohnkammer nur in der Jugend von Rippen bedeckt ist; und darauf glatt wird. Die Loben sind wie an den vorhergehenden Formen, nur die Sättel sind in Folge der grösseren Convexität breiter.

Vom *Am. Sutherlandiae* lässt sich diese Art leicht unterscheiden durch das Vorhandensein eines deutlichen Kieles, an dessen Seiten die Oberfläche etwas eingebogen ist, und ausserdem durch merkliche Knötchen an den Bifurcationsstellen. *Am. rotundatus* ist interessant, als verbindende Form zwischen *Am. Goliathus* mit der zu erforschenden Gruppe der Art *Amaltheus*.

Fig. 16 stellt ein Exemplar vor, das bei Selichowo gefunden wurde, wo diese Form ziemlich selten ist.

7. Amalth. cordatus Sow.

Ammon. cordatus Sow. Pl. 17, fig. 2 und 4.
» » d'Orb. 1842, p. 514, Pl. 194, fig. 1.
» » d'Orb. 1845, Pl. 34, fig. 1, 2.
Amalth. cordatus. Никитинъ 1878, p. 143.

		d'Orb. pl. 34.
Der Durchmesser	80	50
Die Höhe	0,27	0,36
Die Weite des Nabels	0,25	0,34
Die Dicke	0,21	0,30

Die Form ist flach scheibenähnlich mit einem flachen, breiten Nabel. Die Umgänge sind flach, hoch, mit einem scharfen, hohen und knotigen Kiele. Die Form des Durchschnittes ist ein langgezogenes Oval mit plötzlich zugespitztem Gipfel. Die Rippen sind nach dem allgemeinen Typus der zu beschreibenden Gruppe gebildet, haben keine Knoten; nur an den jungen Exemplaren einiger Uebergangsformen sind schwache Knoten an den Bifurcationsstellen. Auf der siphonalen Seite biegen sich die Rippen stark vorwärts. Die Furchen an den Seiten des Kieles sind durch eine schwache Einbiegung der Seiten angedeutet. Die Stärke der Rippen wechselt: es kommen Exemplare vor mit feineren und dichteren, andere mit

stärkeren doch dafür undichten Rippen. Die Wohnkammer der untersuchten Exemplare ist mit Rippen bedeckt, die sich von denen, die die übrigen Umgänge bedecken, nicht unterscheiden. Die Loben zu untersuchen ist mir nicht gelungen. Diese Form ist in der genetischen Reihenfolge ausserordentlich wichtig. Ihre knotige Varietät (d'Orb. Pl. 34 fig. 1,2) führt zur Bildung von *Am. Rouilleri* Nik. und *vertebralis* Sow; die feinrippigen Formen führen zu *Am. tenuicostatus* Nik. und die Varietät d'Orb. Pl. 134 fig. 1 endlich ist aller Wahrscheinlichkeit nach die Stammform des *Am. alternoides* Nik.

Am. cordatus kommt im westeuropäischen Jura in den unteren Oxfordschichten vor. Diese Form ist, meistentheils in Bruchstücken, im Jaroslawer Jura ziemlich gewöhnlich, und bildet dort eine Etage, die ich mit dem Namen dieses Ammoniten benannt habe. Abbildungen bringe ich nicht, da sie bei d'Orbigny gut sind.

8. Amalth. Rouilleri Nik.

Fig. 17.

Ammon. Lamberti var. flexicostatus Rouill. 1846. Tab. A, fig. 5.
Amalth. Rouilleri Никитинъ 1878, p. 144.

	Rouill.
Der Durchmesser	106
Die Höhe	0,30
Die Weite des Nabels	0,21
Die Dicke	0,46

Diese Form unterscheidet sich scharf von den vorhergehenden durch die Eckigkeit ihres Durchschnittes, durch hohe scharfe Rippen und Kiel. Die Hauptrippen sind undicht, stark gehoben und in der unteren Hälfte ihrer Länge zugespitzt; zwischen denselben sind gewöhnlich einige Secundärrippen. An den Kiel gelangend, werden die Rippen um vieles niedriger, an den Rändern desselben zwei deutliche Seitenfurchen bildend. Diese Furchen gleichen sich in der Richtung zur Wohnkammer aus. Die Wohnkammer und die Loben sind mir unbekannt. Durch die Senkung des Kieles, die Vertiefung der Furchen und die Bildung einer zweiten Reihe Erhabenheiten auf den Rippen geht *Am. Rouilleri* in *Am. vertebralis* über.

Fig. 17 zeigt uns eine Copie von Prof. Rouiller's Zeichnung, da sein Werk wenig verbreitet ist und jene Form unsere besondere Aufmerksamkeit verdient. Meine Musterstücke aus Bolobanowo und andern Gegenden, wo diese Form neben *Am. cordatus* gefunden wird, konnte ich für die Zeichnung nicht benutzen, da ich nur im Besitze von unvollständigen Exemplaren bin, wenn auch in grosser Anzahl. Eine bedeutende Anzahl schöner Exemplare dieser Form wurde von mir diesen Sommer bei Spask im Rjasan'schen Gouvernement gefunden.

9. Amalth. vertebralis Sow.

Fig. 18.

Ammon. vertebralis Sow. Pl. 165.
Amm. cordatus d'Orb. 1842, Pl. 194, fig. 2, 3.
» » d'Orb. 1845. Pl. 34, fig. 3, 4.
Amm. cordatus var. pinguis Rouill. 1846, Pl. A. fig. 1.
Amalth. vertebralis Никитинъ 1878. p. 145.

Der Durchmesser	53
Die Höhe	0,32
Die Weite des Nabels	0,30
Die Dicke	0,45

Diese Form ist dick, radförmig mit wenig übergreifenden Umgängen, weshalb der Nabel breiter ist, als bei den vorhergehenden. Die Form des Durchschnittes ist eckig, hat eingedrückte Seiten und abgerundete, hervorragende Ecken. Einige Exemplare haben im Alter, durch die beständige Senkung des Kieles einen fast viereckigen Durchschnitt. Die nach dem Typus *Am. cordatus* stark hervorragenden Rippen haben fünf Reihen Knötchen; die zwei ersten Reihen befinden sich an den Spaltungsstellen der Rippen; die folgenden zwei Reihen in der Mitte zwischen den zwei ersten und dem Kiele; die fünfte Reihe wird durch den deutlich ausgeprägten Kiel gebildet. Sich dem Kiele nähernd, werden die Rippen bedeutend niedriger und bilden zwei tiefe Furchen. Auf der Wohnkammer werden die Rippen feiner und die Knötchen glatt; das stark hervorstehende Rostrum ist von feinen welligen Streifen bedeckt, die am Kiel in schwache Knoten übergehen.

Fig. 18 bietet ein Exemplar aus einer unbekannten Gegend des Moskauer Gouvernements, das in der Moskauer Universität aufbewahrt wird. Die in Bolobanowo, Selichowo, Perebor gefundenen Exemplare, wo sie sich in der Etage *Am. cordatus* befinden, sind nicht gut genug erhalten, um einer Abbildung werth zu sein.

10. Amalth. tenuicostatus Nik.

Fig. 19.

Amalth. tenuicostatus Никитинъ 1878. p. 146.

Der Durchmesser	31
Die Höhe	0,32
Die Weite des Nabels	0,30
Die Dicke	0,29

Durch die Form der Umgänge und des Durchschnittes dem *Am. cordatus* im Allgemeinen sehr ähnlich, zeichnet sich diese Art durch die feinen zahlreichen, dicht sitzenden Rippen aus. Diese Rippen sind büschelweise vertheilt, wobei die einen an der Wurzel thatsächlich zusammenfliessen; andere liegen zwischen den ersteren, secundäre Rippen bildend, die den Nabelrand nicht erreichen. An den Rippen ist auch nicht die Spur von Knötchen, eine jede derselben geht aber auf dem hohen Kiele in einen Knoten über, der dadurch fein gezackt wird und an den Kiel von *Am. alternans* erinnert. Die Wohnkammer ist an meinem Exemplare mit eben solchen Rippen bedeckt, wie die ganze Muschel.

Fig. 19 zeigt ein Exemplar aus Bolobanowo, wo diese Form eine höchst seltene Erscheinung ist.

11. Amalth. quadratoides Nik.

Fig. 20.

Der Durchmesser	43
Die Höhe	0,23
Die Weite des Nabels	0,40
Die Dicke	0,29

Die Form ist dick, radförmig mit wenig übergreifenden Umgängen. Die Form des Durchschnittes ist fast viereckig, mit etwas eingebogenen Seitenwänden. Die Rippen sind weniger hervortretend, als an *Am. vertebralis*, bieten fünf Reihen schwach ausgeprägter Knötchen. Die Hauptrippen sind undicht und scharf; jede derselben geht in der Mitte der Seitenfläche in ein stumpfes Knötchen über, wonach sie sich plötzlich ebnet und im oberen Drittel der Seitenfläche durch secundäre Rippen ersetzt wird. Nur sehr wenige der Hauptrippen erreichen den Kiel. Die secundären Rippen sind gewöhnlich dreimal zahlreicher als die Hauptrippen. Jede der secundären Rippen bietet im oberen Drittel der Seitenfläche ein deutliches Knötchen, vom welchem an sie sich stark nach vorne biegt, und, sich allmählich verlierend, die Richtung zum Kiele nimmt, wo sie in dessen Knötchen übergeht. Die Anzahl der Kielknoten ist gewöhnlich derjenigen der secundären Rippen gleich. Doch an einigen Exemplaren beginnen überflüssige Knötchen sich zu zeigen. Die Rippen am Kiele werden nach und nach glatt.

Diese interessante Form, die ich in Bolobanowo und Ligowetz gefunden habe, befindet sich dort in der Etage mit *Am. cordatus*. Sie verbindet die niedrigen und breiten Formen *Am. alternans*, *Bauhini* und *tuberculato alternans* mit der Gruppe *cordati* gleich eng, wie die in meinem früheren Werke beschriebene Form *Am. alternoides* dieselbe Gruppe *cordati* mit der typischen hohen Form *Am. alternans* verbindet.

12. Amalth. alternans Buch.

Amm. alternans. Buch 1731 Tab. 7, fig. 4.
Amm. subcordatus d'Orb. 1845 Pl. 34, fig. 6, 7.
Amm. alternans var. ovalis Quenst. Cephal. Tab. 5, fig. 8.
Amm. alternans Quenst. Der Jura. Tab. 73, fig. 10, Tab. 76, fig. 14.
Amm. alternans Rouill. 1846 Tab. A, fig. 3, 4; 1849 Tab. L, fig. 88, Tab. M, fig. 109.
Amaltheus alternans Никитинъ 1878 p. 148, fig. 18.

Verschiedene Varietäten.

Der Durchmesser	26	28	43	45
Die Höhe	0,34	0,32	0,30	0,31
Die Weite des Nabels	0,34	0,32	0,29	0,29
Die Dicke	0,33	0,25	0,29	0,22

Als Typus dieser stark variirenden Art kann man eine flache Form mit hohem Kiel annehmen, die im Durchschnitt ein verlängertes, an beiden Seiten des Kieles ausgeschnittenes Oval darstellt. Im Allgemeinen schwankt die Form des Durchschnittes zwischen einem regelmässigen Oval und einem Viereck, dessen Höhe die Breite um etwas übertrifft. Die typische Form hat scharf ausgeprägte Rippen, die, sich etwas ausbiegend, fast in strahlenförmiger Richtung gehen. Diese Rippen sind meistentheils einfach, sehr selten dichotom, am öftesten liegt zwischen je zwei Rippen, in der oberen Hälfte der Seitenfläche eine secundäre Rippe. An der siphonalen Seite biegen sich die Rippen stark vorwärts, dann aber verschwinden sie plötzlich, ohne auf den Kiel überzugehen; dadurch bilden sich an beiden Seiten des Kieles zwei glatte, mehr oder weniger breite Furchen. Knötchen sind nicht an den Rippen; an der typischen Form ist der Kiel von einer Menge feiner Knötchen bedeckt, die der Zahl der Rippen nicht entsprechen. Die Varietät besteht darin, dass die Rippen an zwei Stellen, ungefähr in der Mitte und in den Ecken der oberen Einbiegung dicker werden und in ganze Reihen von Knoten übergehen. Die Rippen der Wohnkammer sind ganz, wie an dem übrigen Theile der Muschel. Die Mündung ist sichelförmig und geht in ein kurzes Rostrum über. Die Lobenlinie ist nach dem Typus *Am. cordatus*, nur zeigt sie, im Vergleich mit Exemplaren von *cordatus* von derselben Grösse, mehr Einfachheit. An den ersten jungen Umgängen sind Rippen und Kiel kaum ausgeprägt.

Diese in den mittleren und oberen Oxfordschichten Westeuropa's sehr verbreitete Form kommt auch in unserem mittelrussischen Jura, in der unmittelbar über der Etage mit *Am. cordatus* liegenden Etage vor; d. h. sie behauptet dieselbe Lage, wie im Westen. In der Etage des *Am. cordatus* müssen als ihre nächsten Stammformen *Am. alternoides* Nik. und wahrscheinlich die soeben beschriebene Form, *Am. quadratoides* gerechnet werden.

Im Jura von Jaroslaw sind Exemplare von *Am. alternans* ziemlich selten.

13. Amalth. Bauhini Opp.

Fig. 40.

Amm. alternans Quenst. Jura. Tab. 74, fig. 6, p. 595.
Amm. Bauhini Oppel. Paläontol. Mittheil. p. 201.

Der Durchmesser	44
Die Höhe	0,25
Die Dicke	0,25

Unter diesem Namen hat Oppel eine Form beschrieben, auf die Quenstädt hingewiesen hat. Die Grundzüge sind eine fast quadrate Form des Durchschnittes, einfache, ungespaltene Rippen, zwischen denen fast keine Secundärrippen sind. Die Rippen gehen als mehr oder weniger sich ausgleichende, feine Linien über den Kiel hin, dessen Zacken zahlreicher als die Rippen sind, wie am typischen *Am. alternans*. Die Form des Durchschnittes ist ein fast vollständiges Quadrat.

Nach Oppels Worten wird *Am. Bauhini*, der nur aus einer Gegend, Hündsrück bei Streichen, bekannt ist, daselbst nicht in Begleitung der typischen Form *Am. alternans* gefunden. Bei uns im Jura von Jaroslaw befinden sich beide Formen in einer Schicht; Koprino.

Die Gruppe der Formen *Am. excavatus*, *rotundatus*, *cordatus*, *Rouilleri*, *vertebralis*, *tenuicostatus* und *quadratoides* und die im Jaroslaw nicht vorkommenden *A. Golianthus*, *alternoides*, werden gewöhnlich unter einem gemeinschaftlichen Speciesnamen *cordatus* beschrieben. Andererseits werden *Am. alternans*, *tuberculato-alternans*, *Zieteni* und *Bauhini* für die Eine Species *alternans* gezählt. Dazu muss noch als besondere Species *Am. serratus* Sow. hinzugefügt werden, die bei Damon (Geol. of Weymouth. Suppl. 1880 Tab. XV, fig. 5) abgebildet ist.

Die Gründe die mich bewogen haben, hier eine so fein gegliederte Eintheilung vorzuschlagen, wurden schon weiter oben, sowohl in der allgemeinen Vorbemerkung, also auch bei der Beschreibung der Gruppe *Am. Lamberti*, erklärt. Ich müsste hier dasselbe wiederholen. Aber sehr wichtig ist für uns die Thatsache, dass nicht allein die Glieder einer jeden dieser zwei Gruppen (d. h. *cordatus* und *alternans*) unter einander eng verbunden sind, sondern auch die beiden selbst durch solche Uebergangsglieder, wie *Am. alternoides*, *quadratoides* und *vertebralis*, so in einander fliessen, dass es fast unmöglich ist sie zu trennen. Der einzige Unterschied ist der, dass die Formen der ersten Gruppe ältere Glieder sind, als die der zweiten, und dass die zweite Reihe sich aus der ersten entwickelt hat. Beide Reihen bilden, meiner Meinung nach, eine genetische Gruppe *cordati*. Dieser Gruppe zunächst steht

die unvermittelte Form *Am. Chamouseti* d'Orb, die sich in den untern Kelloway-Schichten Westeuropa's, in der Zone *A. macrocephalus* befindet.

An die Spitze der Reihe stelle ich die Form *excavatus*, als die nächste zu *Am. Chamouseti*. Von *Am. excavatus* an kann man auf folgende Formen hinweisen: 1) *rotundatus* und *Goliathus;* 2) *cordatus* und *tenuicostatus;* 3) *cordatus, Rouilleri, vertebralis, tuberculato alternans, Zieteni;* 4) *cordatus, quadratoides, Bauhini;* 5) *cordatus, alternoides, alternans.* Noch muss ich bemerken, dass die Formen der eigentlichen Gruppe *Am. cordatus* alle in einer und derselben Etage vorkommen, die der Zone *Aspid. perarmatum* entsprechen, während die Glieder der Gruppe *alternans*, die bei uns alle beisammen in einem Lager schwarzen Thones liegen, im westlichen Europa in drei aufeinander folgenden Zonen: *Pelt. transversarium*, *Pelt bimmamatum* und *Opp. tenuilobata* vertheilt sind.

Neumayria Nik.

Flache Formen. In den ersten Umgängen sind sie alle vollkommen rund auf der Aussenseite; darauf können einige oval und sogar zugespitzt werden, doch ohne in einen scharfen hervorragenden Kiel überzugehen. Auf den Wohnkammern ganz ausgewachsener Exemplare rundet sich die äussere Seite wieder, sogar bei den flacheren Formen ab. Sculptur aus feinen die Mundsaumform copirenden Sichellinien bestehend. Ausserdem mehr oder minder entwickelte sichelförmige Berippung. Wohnkammer gegen $^3/_4$ des Umgangs betragend. Mundsaum sichelförmig, mit kurzem gerundetem Externfortsatz. Aptychus unbekannt. Lobenlinie sehr charakteristisch. Loben und Sättel sind breit, niedrig und wenig zerschnitten. Der Siphonallobus ist etwas länger, als der erste lateral; der zweite lateral und einige Hülfsloben sehr wenig entwickelt. Loben sind nicht dichotom. Die Sättel haben zwei kurze ungleiche Zweige. Ammoniten dieser Gruppe haben grosse Aehnlichkeit mit einigen Gliedern der Gattung *Amaltheus*, und namentlich mit den Gruppen *oxynoti, serrodens, discus*. Der Bau der Lobenlinie erreicht fast die vollständigste Identität. Der *Am. catenulatus*, so wie eine Species vom Ural, welche Eichwald *Am. catenulatus* nennt (Leth. rossica p. 1110 Tab. 35 fig. 3) und für die ich einen neuen Namen *Toliensis* vorschläge, sind durchaus den *Oxynoten* sehr nahe Formen. Aber die letzte Gruppe wird sich doch immer durch Anwesenheit von einem deutlichen Kiel, der auf alle Umgänge bis zum Mundsaume der ausgewachsenen Exemplare fortläuft, und in einen Externfortsatz übergeht, unterscheiden. Unser *Am. catenulatus* hat niemals einen solchen scharfen Kiel und einen so langen zugespitzten Externfortsatz.

Der nahe Zusammenhang der Glieder unserer Gruppe mit einander so wie die obenerwähnten Unterschiede von der Gattung *Amaltheus* giebt mir, glaube ich, das Recht eine neue Gattung vorzuschlagen, der ich den Namen des berühmten Wiener Paläontologen gebe.

Die Form des Mundsaumes, der Character der Berippung der Gattung *Neumayria* namentlich bei *N. Toliensis* überhaupt erinnert auch noch an einige Glieder der Genera *Haploceras* und *Oppelia;* doch eine ganz andere Form der Lobenlinie, die Länge der Wohn-

kammer und die Abwesenheit irgend welcher seitlicher Ohren des Mundsaumes erlauben nicht dieselbe zu diesen Genera zu rechnen. Ich kenne in der neuen Gattung nur vier Species die alle, soviel bekannt, aus Wolgauer Schichten sind:

Neumayria catenulat Fisch.
— *Toliensis* Nik.
— *subfulgens* Nik.
— *fulgens* Trauts.

Die Gruppe enthält sehr scharf ausgezeichnete Formen. Der Zusammenhang muss noch immer im nordrussischen und sibirischen Jura gesucht werden. *Neum. Toliensis* ist von Eichwald sehr schlecht dargestellt. Ich werde sie noch in meiner künftigen Arbeit beschreiben und abbilden lassen.

Vielleicht müssten noch einige neocomische Arten, so wie *A. Gevrilianus* und *clypeiformis* auch hier hingestellt werden. Aber die Abbildungen und Beschreibungen von d'Orbigny und Pictet geben keine sicheren Anzeigen dazu.

14. Neumayria subfulgens Nik.

Fig. 45—47.

Am. fulgens var. hybridus Trauts. 1861 III. Tab. VII, fig. 9.

Der Durchmesser	76	67
Die Höhe	0,30	0,25
Die Weite des Nabels	0,25	0,30
Die Dicke	0,32	0,23

Eine flache Form mit stark zusammengedrückten hohen Umgängen, die fast über $^3/_4$ des vorhergehenden Umganges verdecken. Die Form des Durchschnittes ist ein mit dem Alter immer höher werdendes Oval, dessen grösste Breite etwas niedriger als der Gipfel des vorhergehenden Umganges zu stehen kommt. Der siphonale Theil ist abgerundet. Die ganze Oberfläche ist von dichten, feinen Sichellinien bedeckt, die auf gut conservirten Exemplaren an der Siphonalseite dicker werden, so, dass die Muschel von dichten, feinen Rippen, die sich zum Nabel hin allmählich ausgleichen, bedeckt wird. Solche Verzierungen erhalten sich zuweilen an Formen, die eine Grösse von 75 mm. im Durchmesser erreichen, wie Fig. 45 zeigt. Darauf zeigen sich an dem Nabeltheile der Seitenfläche undichte Rippen, die sich gegen die Mitte der Seitenflächev erlieren; die Sichelrippen werden mithin dicker und minder gedrängt. Doch trifft man Exemplare, wo diese groben Rippen sich schon bei einem Durchmesser von ungefähr 4 mm. zeigen. Die Zeit der Erscheinung dieser Rippen ist so sehr unbeständig, dass dieses Merkmal auf keinen Fall zur weiteren Eintheilung dieser

Ammoniten in besondere Arten dienen kann, und hängt wahrscheinlich von den Lebensbedingungen des Thieres ab, das in verschiedenem Lebensalter ausgewachsen ist. Diese Unbeständigkeit in der Erscheinung der dicken Rippen erlaubt uns nicht auf die rippenlosen und die mit Rippen ausgestatteten Formen als auf Repräsentanten beider Geschlechter zu sehen. Ich halte es für nichts weiter, als dass dort, wo keine Rippen sind, die Form noch nicht denjenigen Zustand des Organismus erreicht hat, wo die selben sich entwickeln.

Zur Wohnkammer gelangend, verändert sich die Spirallinie ein wenig und dicht an der Mündung umfasst die Kammer nicht über $^1/_2$ des vorhergehenden Umganges. Gleichzeitig werden die Umgänge selbst niedriger und dicker. Die Mündung ist, doch ist dieselbe nicht durch ein Rostrum verlängert, der hier, der Form der siphonalen Oberfläche entsprechend, durch einen kurz abgerundeten Externvorsatz ersetzt wird. Die Länge der Wohnkammer ist etwas weniger als $^3/_4$ eines Umganges. Die Lobenlinie ist sehr wenig zerschnitten. Der Siphonallobus ist etwas länger, als der erste Seitenlobus; der zweite Seitenlobus ist sehr wenig entwickelt. Die Sättel sind breit und niedrig. Zu beachten ist die vollkommenste Aehnlichkeit dieser Lobenlinie mit der entsprechenden an *Am. catenulatus*. Diese Aehnlichkeit ist so vollständig, dass sogar die Abweichungen in der Form des ersten Sattels bei beiden Ammoniten dieselben sind; und namentlich erhält dieser Sattel, an einigen Exemplaren, in der Gegend des siphonalen Lobus einen secundären, ziemlich tiefen Lobus. Eben so eine grosse Aehnlichkeit der Lobenlinien zeigt uns die Neocomart, *Am. gevrillianus* d'Orb.

Ligowetz, Bolobanowo, Kamenik in der Etage mit *Am. fulgens*.

15. Neum. fulgens Trautsch.

Fig. 48, 49.

Amm. gigas Rouill. (non Zieten) Bull. de Moscou 1849, II, p. 356, Pl. K, fig. 85; Pl. L, fig. 86.
Amm. fulgens Trautsch. Bull. de Moscou 1861, III, p. 270, Tab. VII, fig. 7.

Der Durchmesser	37	60
Die Höhe	0,27	0,27
Die Weite des Nabels	0,35	0,38
Die Dicke	0,27	0,27

Dieser Ammonit zeichnet sich vom vorhergedenden durch seine dicken, abgerundeten und niedrigen Umgänge aus, die nicht mehr als $^1/_2$ des vorhergehenden umhüllen. An den ausgewachsenen Exemplaren gehen ausser den dicken, stark hervortretenden Rippen längs der siphonalen Seite, schwach ausgeprägte Rippen, die sich in der Richtung zu den hervortretenden Hauptrippen in Büschel von 5—7 Rippen sammeln, und sich meistentheils, ohne jene erreicht zu haben, verlieren; diese Büschel kommen meist später als die Hauptrippen zum Vorschein (Spuren solcher Rippenbüschel sieht man auch an der vorher-

gehenden Art). Die Zeit, wo sich diese Verzierungen zeigen, ist noch verschiedener, als am *Am. fulgens*. Im Allgemeinen ist diese Art kleiner, doch besitze ich Exemplare die 60 mm. im Durchmesser haben und diese Verzierungen noch nicht an sich tragen, und wiederum giebt es Exemplare von 20 mm., die schon mit dicken Rippen versehen sind.

Die Form und die Eigenthümlichkeiten der Wohnkammer und der Lobenlinie an *Am. fulgens* und *subfulgens* sind ganz dieselben.

Eichwald hat diese Art mit *A. Heeri* Ooster identificirt. Unsere Form hat aber mit dem erwähnten Kreideammoniten gerade so viel gemein, wie auch mit jedem andern Ammoniten, auf keinen Fall mehr. Nur Eichwald's Einbildung war fähig dieselben zu identificiren. Es ist hinreichend auf die Zeichnungen von Oster Cephal. fossil. d. Suisse Tab. 25 fig. 1—6 hinzuweisen, um sich nicht weiter um den Vergleich zu kümmern.

Eine ganz gewöhnliche Form in der Etage gleichen Namens, bei Rybinsk, so wie bei Moskau.

Harpoceras Waagen.

16. Harpoceras lunula Ziet. [?]

Ein Bruchstück der Hälfte eines Umganges dieser Form, das in Kies verwandelt ist, habe ich am Wolgaufer bei Koprino gefunden. Da dasselbe aber nicht anstehend, sondern in vom Flusse angeschwemmtem Schutte gefunden wurde, und das Exemplar schlecht conservirt ist, so erlaube ich mir nicht mit Bestimmtheit zu sagen, dass wir es hier in der That mit dieser Species zu thun haben, doch jedenfalls mit einer derselben sehr nahe stehenden Form. Der echte *Harp. lunula* ist, wie bekannt, eine in den Kelloway-Schichten des russischen Jura sehr verbreitete Form.

Stephanoceras W.

Die Gruppe Tschefkini.

17. Stephan. Tschefkini d'Orb.

Fig. 21—24.

Ammon. Tschefkini d'Orb. Geol. de la Russie p. 439, Pl. 35, fig. 10—15.
Amm. sublaevis Buch. Beitr. zur Gebirg. d. Russl. 1840.
Amalth. Tschefkini Никитинъ 1878, 132, fig. 11.

Der Durchmesser	45	43	25	82	88
Die Höhe	0,27	0,28	0,32	0,23	0,17
Die Weite des Nabels	0,22	0.23	0,24	0,28	0,22
Die Dicke	0,55	0,56	0,32	0,71	0,88
Diameter d. Nabelkante				0,36	0,34

Eine gedrungene Form mit stark übergreifenden Umgängen. Der Nabel ist tief und schmal bei den ausgewachsenen Exemplaren mit ganz glatten Wänden. Die Form des Durchschnittes ist mit dem Alter starken Veränderungen unterworfen. An den jüngsten Umgängen ist die Form des Durchschnittes abgerundet, dann verändert sich dieselbe in ein Oval, das nach und nach die Form eines Bogens annimmt, dessen Enden durch zwei unter einem Winkel zusammenlaufende Linien zugezogen werden. Dieser Bogen wird mit dem Alter immer gerader und gerader, wodurch die Form des Durchschnittes in die Breite gezogen wird. Die Siphonalfläche bleibt beständig abgerundet, ohne jede Spur von mittlerer Linie oder Kiel. Der Nabeltheil der Seitenfläche ist durch eine scharfe Linie von der siphonalen getrennt. Die se Linie hat einen fast scharfen Umriss. Die ersten Umgänge sind ganz glatt; darauf zeigen sich Rippen. Im unteren Drittel der Seitenfläche werden die Rippen dichotom; stellweise finden secundäre Rippen zwischen den Hauptrippen Platz und verlieren sich allmählich in dem unteren Theile der Seitenfläche Mit dem Alter werden die Rippen feiner und verschwinden in der Richtung zur Wohnkammer. An den jungen Exemplaren neigen sich die Rippen vorwärts, und an den alten werden sie ganz gerade. An den alten Exemplaren treffen die Spaltungsstellen der Rippen gerade auf die Linie, die den Nabeltheil der Seitenfläche scheidet, doch bilden sie hier keine Knoten. Die Wohnkammer ist ganz glatt; an einer gut conservirten Muschel sieht man nur die welligen Streifen des Anwuchses. Die Mündungsform zu beobachten ist es an keinem Exemplar gelungen.

Die Lobenlinie besteht aus dem dichotomischen Siphonallous, dessen Endzweige gerade nach unten gerichtet sind und nicht seitwärts gehen, wie es bei d'Orb. abgebildet ist. Der erste Laterallobus läuft in einen Zweig aus, der etwas länger als der siphonale ist. Der zweite Seitenlobus hat auch nur Ein Ende doch an alten Exemplaren ist dasselbe dichotom; die beiden Loben sind keilförmig. An der Nabelseite der äusseren Oberfläche bemerkt man drei Hülfsloben. Der antisiphonale Lobus ist einendig. Der erste Seitensattel ist schmal und stark verzweigt; der zweite ist breit; der dritte auf den der Rand der Nabelfläche bei dem Uebergange zur siphonalen Fläche zu liegen kommt, ist besonders breit und niedrig, in drei Zweige von geringer Tiefe getheilt. Die Seitensättel schliessen gewöhnlich an Exemplaren von mittlerem Alter mit zwei ungleichen Zweigen ab; an alten Exemplaren wird diese Verzweigung unregelmässig und wenig bemerkbar. Die grösseren Einzelheiten im Bau der Lobenlinie sind veränderlich, sowohl an verschiedenen Exemplaren, als auch an einem, je nach seinem Alter. In ihrer Jugend ist diese Species mit der älteren Form *Steph. Elatmae* verbunden. Bis dieselben einen Durchmesser von 55 mm. erreicht haben, können

sie kaum von einander unterschieden werden, allenfalls könnten die etwas gröberen Rippen an *Steph. Elatmae* in dieser Hinsicht einige Andeutung geben. Beide Muscheln machen anfangs einen ganz gleichen Cyclus von Veränderungen durch. Erst mit dem Erscheinen von Knötchen an den Spaltungsstellen der Rippen am *Steph. Elatmae*, fangen die beiden Species an, sich von einander immer schärfer und schärfer zu unterscheiden. Doch habe ich nirgends directe Uebergangsformen zwischen dem ausgewachsenen Zustande beider Arten bemerkt, obgleich dieselben im russischen Jura in Ueberfluss vorhanden sind. Ich weiss freilich keinen Ort, wo sich beide Arten in Menge vorfänden. Jedenfalls liegen *Steph. Tschefkini* immer eine Etage höher, als *Steph. Elatmae*. Von *Amalth. Mologae* unterscheidet sich unsere Form durch feine Rippen, einen tieferen und schmäleren Nabel, der an den ausgewachsenen Umgängen fast keine Rippen, und an den jungen nur schwach ausgeprägte hat. In der Jugend zeichnet sich *Am. Mologae* durch einen grösseren Umfang und gröbere Rippen aus, die nach dem Typus *Lamberti*, ausgebogen sind.

Im Jaroslawer Jura kommt *Steph. Tschefkini* in grossen Massen in der Etage *Steph. compressum* vor; geht aber auch in die folgende Etage *Am. Leachi* über, wo er aber nur selten ist.

Fominsky, Bolobanowo, Selichowo, Schumarowo, Krutez u. a.

Fig. 21—23. stellen *Steph. Tschefkini* in verschiedenen Lebensstadien dar. Die Berippung der Fig. 22 ist zu grob gezeichnet, sie ist in der Natur viel feiner.

18. Steph. Milaschevici Nik.

	Fig. 25.	Exempl. aus Elatma.	
Der Durchmesser	47	83	92
Die Höhe	0,24	0,21	0,18
Die Weite des Nabels	0,23	0,22	0,20
Die Dicke	0,64	0,75	0,83
Diameter d. Nabelkante	0,32	0,34	0,35

Diese Art hat die äussere Form des *Steph. Tschefkini*, mit dem dieselbe auch beständig verwechselt wird. Im ausgewachsenen Zustande, mit glatter Wohnkammer, können sie auch gar nicht unterschieden werden. Doch gelangen die Rippen dieser Species nur an sehr jungen Exemplaren, deren Durchmesser nicht über 25 mm. ist, bis zum Nabel; später aber beginnen die Rippen am Nabel zu verschwinden und werden nur durch feine Anwuchslinien ersetzt; nur an dem siphonalen Theile setzten sie sich fort und verlieren sich in dem Alter, wo der Durchmesser 35 — 40 mm. misst, wonach nur wellige Linien des Anwuchses auf der Muschel bleiben. Alles übrige ist wie an *Steph. Tschefkini*. Die Lobenlinie ist dieselbe, nur der erste Sattel ist gewöhnlich etwas breiter.

D'Orbigny verwechselte beide Species und seine Zeichnungen der Lobenlinie an *Steph. Tschefkini* in Geol. d. l. Russie muss hierher übertragen werden.

Beide Arten kommen zusammen in der Etage mit *Steph. compressum* vor, doch sind sie dabei in verschiedenen Gegenden des mittelrussischen Jura sehr ungleichmässig vertheilt. Im Jura von Jaroslaw habe ich auf hunderte von *Steph. Tschefkini*, nur zwei Exemplare *Steph. Milaschevici* gefunden; bei Elatma ist im Gegentheil der echte *Tschefkini* höchst selten, und die zubeschreibende Form findet man ziemlich häufig. Fominsky — Bolobanowo.

19. Steph. compressum Nik.

Fig. 26, 27.

Der Durchmesser	31	47
Die Höhe	0,32	0,28
Die Weite des Nabels	0,16	0,17
Die Dicke	0,27	0,51

Diese Form steht der vorhergehenden ausserordentlich nahe, unterscheidet sich aber von derselben durch folgende beständige Merkmale: Die Umgänge verdecken die vorhergehenden viel stärker, wodurch der Nabel schmäler ist. Die Form ist flacher und nimmt nie die sphärischen Umrisse an, die den ausgewachsenen Exemplaren der beiden vorhergehenden Species eigen sind. Die Rippen bemerkt man am Nabeltheile nur bei sehr jungen Umgängen; dann werden dieselben durch Wellenlinien des Anwuchses ersetzt. An der siphonalen Seite dagegen setzen sich die Rippen viel länger fort, als am *Steph. Milaschevici* werden hier auch dicker. Diese Form scheint nicht gross zu sein; ich habe keine Exemplare gesehen, deren Durchmesser viel über 50 mm. gemessen hätte. Die Wohnkammer ist an diesen Exemplaren an der siphonalen Oberfläche mit Rippen bedeckt. Die Mündung habe ich nicht beobachtet. *Am. Stuckenbergii Lahus.* hat einen engeren Nabel, mehr aufgeblasene Seitenflächen und einen scharfen Siphonaltheil. Die Rippen sind viel gröber und kürzer und verlieren sich bald auf den Seitenflächen.

Durch *Steph. compressum* wird im Jaroslawer Jura die untere Etage characterisirt, die ich auch mit dem Namen dieses Ammoniten benannt habe. Man trifft denselben nicht selten bei Schumarowo, Bolobanowo und in anderen Gegenden.

Fig. 26—27 stellen die Entwickelungsstadien dieses Ammoniten dar.

Die Gruppe der Formen *Tschefkini*, *Milaschevici*, *compressum* und der älteren *Elatmae* habe ich in meinem ersten Werke von den Ammoniten zu der Species *Amaltheus* aus folgenden Gründen gerechnet: 1) Die jungen Stadien erinnerten mich mit ihren bogenförmig vorwärts geneigten Rippen an die Gruppe *Am. Lamberti*, dabei schien mir der Cyclus ihrer Veränderungen mit demjenigen ganz gleich zu sein, der an den aufgeblasenen Formen dieser,

so wie auch der Gruppe *cordati*, bemerkt worden ist. 2) Die Lobenlinie der Ammoniten von der Species *Elatmae* bot mit diesen Gruppen einen gemeinschaftlichen Character.

Doch habe ich bemerkt, dass ersteres Merkmal viel deutlicher an der späteren Form, *Tscheffkini*, ausgeprägt war, als an der älteren, *Elatmae*. Dazu fliessen die Rippen am Kiele nicht in einander, wie an der Gruppe *Lamberti*, was sogar an den allerjüngsten Exemplaren zu bemerken ist. Endlich weist die Entdeckung der sich von den Gliedern unserer Reihe scharf unterscheidenden Form *Elatmae* in der untern Etage der Kelloway-Periode, in der Etage die uns den allerältesten Repräsentanten der ganzen Gruppe *Am. funiferus* liefert, auf den Zusammenhang unserer Reihe mit der Reihe des *Am. funiferus* hin, wenn dieser Zusammenhang auch erst in einer entfernteren Periode zu suchen ist. Diese Umstände waren es die mich bewogen haben in meinem ersten Werke den Zusammenhang als unvollständig anzuerkennen. Andererseits unterschied sich die Reihe der Ammoniten *Elatmae*, *Tscheffkini* von den mir damals bekannten Formen der Gruppe *Steph. macrocephalum* durch einen anderen Typus des ersten Seitenlobus, und von der Gruppe *Steph. coronatum* und *sublaeve* durch die niedrige, flache Form der jungen Umgänge dieser letzteren.

Als ich an den Ammoniten der Gruppe *Am. funiferus* arbeitete, kannte ich weder die Länge der Wohnkammer, noch die Form der Mündung an irgend einem der Glieder aus der Reihe *Elatmae*, *Tscheffkini*. Jetzt besitze ich einige vollständige, ausgewachsene Exemplare von *Am. Elatmae* und kann sagen, dass diese für die Classification der Ammoniten in der Gegenwart wichtigen Data, *Am. Elatmae* der Gattung *Stephanoceras* vollkommen nahe bringen. Da aber die ganze Gruppe *Tscheffkini* mit diesem Ammoniten so eng verbunden ist, wie mit keinem anderen, so rechne ich die ganze Reihe, als zur Reihe *Stephanoceras* gehörend. Während ich an meinem ersten Werke schrieb, war mir leider das damals soeben erschienene Werk Waagens «Von den jurassischen Ammoniten Indiens» noch nicht bekannt. Waagens Werk hat uns eine Menge bis zu der Zeit unbekannter Formen aus der Reihe *Stephanoceras* gezeigt. Die Erforschung der innern jungen Umgänge dieser Formen hat uns an vielen Ammoniten aus der Gruppe *macrocephalus* eben solche nach vorne ausgebogene Rippen, wie an unseren Formen *Elatmae* und *Tscheffkini*, gezeigt; und an einigen aus der Gruppe *curvicostati* setzte sich diese Biegung auch auf die erwachsenen Umgänge fort. Ebenso ist es an den indischen Formen bewiesen worden, dass die schmale Form des ersten Seitenlobus kein Merkmal der Gruppe *macrocephali* ist, dass in dieser Gruppe keilförmige Loben, wie dieselben unserer Reihe *Elatmae* eigen, eine ganz gewöhnliche Erscheinung sind. Mit einem Wort die indischen Formen haben, meiner Meinung nach, mit der typischen Gruppe *Stephanoceras coronatum* sowohl die Gruppe *macrocephali*, die bis zu der Zeit im neuen System eine sehr unsichere Stellung eingenommen hat, wie auch die Reihe *Elatmae-Tscheffkini* verbunden. Jedenfalls ist diese letztere weder mit der Gruppe der westeuropäischen *macrocephali*, noch mit der Gruppe *coronati*, sondern mit den ihnen verwandten indischen Formen verbunden.

Cosmoceras Waagen.

Die Gruppe Jason.

20. Cosm. Jason Rein.

Fig. 28—30.

Nautilus Jason Reinecke p. 62, Pl. III.
Ammon. Jason Zieten Würth. 1830, p. 5, Pl. 4, fig. 6.
idem d'Orb. Geol. d. l. Russie Pl. 36, fig. 13—14.
idem Quenst. Cephal. Tab. 10, fig. 4.

Der Durchmesser	68	84	57	33
Die Höhe	0,37	0,35	0,38	0,33
Die Weite des Nabels	0,25	0,23	0,24	0,30
Die Dicke	0,29	0,28	0,30	0,24

Eine flache, hohe Muschel mit plattgedrückten Umgängen und einem breiten, flachen Nabel. Die Rippen sind fein und dicht; eine jede derselben geht in ein kleines Siphonalknötchen über. Die Nathknötchen sind sehr deutlich; die Seitenknoten befinden sich nur an jungen Umgängen; an Formen mit einem Durchmesser von 30 mm. sind sie noch zu erkennen, dann aber verschwinden sie gänzlich. Mit dem Verschwinden der Seitenknötchen beginnen die Rippen, die anfangs büschelweise aus den Suturalknötchen hervorkamen, sich an dem unteren Theile der Seitenfläche auszugleichen, so dass sie an ausgewachsenen Umgängen gewöhnlich erst von der Mitte dieser Fläche deutlich zu unterscheiden sind. An die Wohnkammer der grossen Exemplare kommend, und auf dieser selbst werden die Suturalknötchen seltener und grösser; undeutliche, dicke Rippen gehen dann längs der Seitenfläche und gleichen sich mit der Annäherung zum Siphonaltheile aus. An der Mündung ist die Oberfläche ganz glatt. Die siphonale Oberfläche ist in der Jugend flach, von zwei Reihen Knötchen begrenzt, an der Wohnkammer wölbt sie sich und auf dieser rundet sie sich ganz ab. Zugleich dehnen sich die siphonalen Knötchen aus, nähern sich einander, doch habe ich an dieser Form nie bemerkt, dass sie ineinander fliessen und ununterbrochene Rippen auf der Siphonalseite bilden. Die Richtung der Rippen ist schwach sichelförmig, was von der Lage der Oehrchen der Wohnkammer abhängt.

Die Knötchen entsprechen den Befestigungsstellen langer Nadeln, die manchmal auf den Abdrücken erhalten sind. Die Wohnkammer der jungen Exemplare ist, wie gesagt, ganz bis zur Mündung von Rippen bedeckt, an den ausgewachsenen wird sie ganz glatt, sich nur mit Wellenlinien des Anwuchses bedeckend, die auf der Mündung in zwei lange Seitenöhrchen übergehen. Die Länge dieser Oehrchen nimmt mit dem Alter ab. Die Grösse der Wohnkammer kommt der Hälfte eines Umganges gleich. Die Lobenlinie ist schwach zerschnitten. Der Siphonallobus ist bedeutend breiter und kürzer, als der erste Seitenlobus. Die Zweige

desselben gehen auf die Seitenfläche über. Beide Seitenloben schliessen mit einem Zweige. Von Hülfsloben ist an der Seitenfläche nur einer. Die Seitensättel an den jungen Umgängen sind von gleicher Breite mit den Loben; an den alten werden sie ums doppelte oder dreifache breiter, als diese. Die Sättel sind zweiendig. Die Höhe der Loben und Sättel wird mit der Annäherung an die Wohnkammer, bei ausgewachsenen Umgängen nicht grösser, vielmehr etwas geringer.

Cosm. Jason. befindet sich in Westeuropa in der Zone *Sim. anceps.* Im Jaroslawer Jura trifft man denselben ausschliesslich in der Etage *Steph. compressum.*

Fig. 28. Stellt ein grosses Exemplar dar, mit dem Anfang der Wohnkammer.

Fig. 29. Loben des innern Umganges desselben Exemplars.

Fig. 30. Die Loben desselben an der Wohnkammer.

21. Cosm. Gulielmii Sow.

Fig. 31.

Amm. Gulielmii Sow. P. 311.
idem. Zieten Würth. p. 19, pl. XIV; fig. 4.

Der Durchmesser	62	34
Die Höhe	0,36	0,35
Die Weite des Nabels	0,26	0,29
Die Dicke	0,30	0,32

Diese Form zeichnet sich von den vorhergehenden durch grössere Dicke bei Exemplaren von gleicher Grösse aus. Die Seitenknötchen sind stärker entwickelt, als die Suturalknoten und bleiben an der Wohnkammer sogar recht grosser Exemplare bemerkbar. Die Rippen sind viel gröber und undichter. Die Hauptrippen beginnen, je zu einer, an den Suturalknoten, gehen auf einen Seitenknoten über, wo sie sich in zwei, seltener in drei Zweige theilen. Ausserdem fangen zwischen den Hauptrippen etwas oberhalb der Seitenknötchen noch secundäre Rippen an, am öftesten zu einer, seltener zu zwei. Jede Rippe geht auf einen entsprechenden Siphonalknoten über,

Die siphonalen Knötchen der ausgewachsenen Exemplare kommen quer über die siphonale Oberfläche zusammen, wodurch diese gerippt wird. Exemplare von bedeutender Grösse bleiben noch an ihren Wohnkammern gerippt. Die siphonale Oberfläche der Wohnkammer bleibt an solchen ausgewachsenen Exemplaren flach doch wird sie endlich auch gewölbt. Die Loben sind wie an *Cosm. Jason.*

Diese Form trifft man im westlichen Europa, so wie bei uns im Jaroslawer Jura mit *Cosm. Jason* in Einer Etage.

22. Cosm. Castor Rein.

Fig. 32.

Am. Castor Reinecke p. 63, Tab. III, fig. 18—20.
Amm. Jason d'Orb. Terr. jurass. Tab. 160, fig. 3—4.

Der Durchmesser	48	35
Die Höhe	0,35	0,31
Die Weite des Nabels	0,38	0,34
Die Dicke	0,30	0,33

Eine der vorhergehenden sehr nahe Form; unterscheidet sich von derselben durch folgende Eigenthümlichkeiten. Der Nabel ist sehr breit, weil die Umgänge niedriger sind und die vorhergehenden weniger verdecken. Die Seitenknötchen sitzen in der Mitte der Seitenfläche, während sie an *Cosm. Gulielmii* auf dem unteren Drittel derselben sind. Die Seitenknötchen sind nicht mit den folgenden Umgängen bedeckt. Die Rippen sind in noch geringerer Anzahl vorhanden. An den ausgewachsenen Exemplaren gehen die Secundärrippen nicht in Seitenknötchen über, und die Hauptrippen hören auf, sich zu verzweigen.

In derselben Etage mit dem vorhergehenden.

23. Cosm. Duncani. Sow. (non d'Orb.)

Fig. 33.

Amm. Duncani Sow. Tab. 157 (non Damon Geol. of Weymouth. Suppl. 1880, Tab. XVIII, fig. 2 [1]).
idem. Oppel der Jura p. 559.
Amm. Elizabethae. Pratt. Tab. 3, fig. 3.

Der Durchmesser	48
Die Höhe	0,42
Die Weite des Nabels	0,25
Die Dicke	0,35

Eine dem *Cosm. Gulielmii* nahestehende Form, unterscheidet sich von derselben durch das Zusammenlaufen der Rippen in Büschel auf den siphonalen Knötchen. An den jungen bestehen diese Büschel aus drei Rippen, später aus zwei. Dieses Zusammenlaufen der Rippen setzt sich sogar dann noch fort, wenn die Rippen an den ausgewachsenen Exemplaren

1) Die Form Am. Duncani Damon, die ich ebenfalls aus Calvados (Villers) habe, ist eine ganz besondere, noch nirgends beschriebene Species.

längs der siphonalen Oberfläche weiter gehen. In diesem Falle laufen die beiden Seitenrippen in eine zusammen, die längs der siphonalen Fläche geht, um auf dem siphonalen Knötchen der entgegengesetzten Seite wieder auseinander zu laufen. Dieses Merkmal schwindet erst auf den allerältesten Umgängen, gleichzeitig mit dem Verschwinden der siphonalen Knötchen. Auf diesen alten Umgängen werden die Rippen sehr dicht, hören auf sich zu spalten und gehen ohne Unterbrechung längs der flachen siphonalen Oberfläche auf die entgegengesetzte Seite hinüber. An *Cosm. Gulielmii* werden die Rippen im Gegentheil an den alten Umgängen weniger dicht. Sowerby's Zeichnung giebt keinen klaren Begriff von dieser Form; viel genauer ist die Zeichnung Pratt's. Was die Identität unserer Form mit französischen und englischen Exemplaren von *Cosm. Duncani*, betrifft, so konnte ich mich davon überzeugen, durch den Gypsabdruck eines Original-Exemplars von Sowerby, den mir Prof. Lahusen im Museum des Petersburger Bergcorps gezeigt hat, wie auch durch die bedeutende Sammlung dieser Formen aus Calvados (Willers) in genanntem Museum. Jedenfalls beschreibt d'Orbigny unter dem Namen *Am. Duncani* nicht diese Form, sondern den wahren *Am. ornatus* Schloth.

Im Jura von Jaroslaw befindet sich *Cosm. Duncani* in der Etage mit *Amalth. Leachi*.

24. Cosm. ornatum Schloth.

Fig. 34.

Amm. ornatum Schloth. 1820, S. 75, № 25.
Amm. decoratus Zieten Würtb. p. 18, Pl. 13, fig. 5.
Amm. Duncani d'Orb. Terr. jurass. p. 451, tab. 161 und 162, fig. 1—5.
Amm. ornatus rotundatus Quenst. Cephal. p. 133, Tab. 9, fig. 19.
idem Quenst. Der Jura Tab. 70, fig. 2, S. 528.
idem Oppel. Der Jura S. 559.
Amm. gemmatus Phil. Damon. Geol. of Weymouth. Suppl. 1880, Pl. 18, fig. 6.

Der Durchmesser	81	46	30
Die Höhe	0,34	0,35	0,33
Die Weite des Nabels	0,34	0,35	0,36
Die Dicke	0,37	0,39	0,43

Die Muschel hat abgerundete Umgänge. Diese verdecken weniger als die Hälfte der vorhergehenden, wodurch der Nabel nur wenig vertieft und fast flach ist. Die Form des Durchschnittes, die in der Jugend eckig ist, wird nach und nach ganz abgerundet. Der siphonale Theil der jungen Umgänge hat eine flache glatte Furche, die allmählich berippt, gewölbt und endlich ganz abgerundet wird. Die Oberfläche ist mit Rippen bedeckt, die in zwei Reihen Seitenknötchen und zwei Reihen Siphonalknötchen übergehen. Auf den jungen Umgängen werden die Rippen an den siphonalen Knötchen unterbrochen, mit dem Alter

werden sie auf der siphonalen Oberfläche immer deutlicher. Die Anzahl der siphonalen Knötchen auf den kurzen Umgängen ist fast noch einmal so gross, wie die der Seitenknötchen. Deshalb sehen wir erst eine, dann zwei und immer mehr und mehr Rippen zwischen den Seitenknoten Platz nehmen, dabei sich auf den siphonalen Knötchen in Büschel vereinend. Die Seitenknoten werden immer weniger dicht und die siphonalen Knötchen gleichen sich aus, bis sie ganz verschwinden. Die Büschel, die sich auf den siphonalen Knoten bilden, zählen drei auch vier Rippen. Mit dem Verschwinden der Knötchen werden die Rippen meistens dichotom an den Stellen, die der Lage der Seitenknötchen entsprechen und erstrecken sich ununterbrochen über die abgerundete siphonale Oberfläche. Die siphonalen, sowohl wie die Seitenknötchen entsprachen hier, wie an der vorhergehenden Species, Nadeln, deren Spuren an der Innenseite der Umgänge an tiefen Vertiefungen bemerkbar sind.

Die Wohnkammer war, nach den grossen Exemplaren zu urtheilen, von Rippen bedeckt. Die Mündung ist mir unbekannt, die Lobenlinie ist derjenigen der *Cosm. Jason* und anderer Glieder dieser Reihe sehr ähnlich. Der siphonale Lobus ist bedeutend kürzer, als der erste Seitenlobus. Beide Seitenloben sind von derselben Form. Der erste Seitensattel ist in der Jugend sehr schmal, schmäler als der zweite; an ausgewachsenen Umgängen wird er aber viel breiter, sogar breiter als der zweite. Der erste Seitenlobus geht erst zu den siphonalen Knötchen, dann neigt er sich allmählich, auf den ausgewachsenen Umgängen, zu den Seitenknötchen.

Cosm. ornatum befindet sich in Westeuropa in der Zone des *Pelt. athleta*, überall, wo diese Zone von der vorhergehenden des *Sim. anceps.* geschieden ist, wie z. B. in Schwaben und in der nördlichen Schweiz. Im Jaroslawer Jura in der Etage *Am. Leachi.*

Fig. 34. stellt ein Exemplar mit fast vollständiger Wohnkammer dar.

25. Cosm. transitionis Nik.

Fig. 35.

Amm. ornatus compressus Quenst. Cephal. p. 133, Tab. 9, fig. 18.
idem Quenst. Der Jura Tab. 70, fig. 6—8, p. 529.

Der Durchmesser	43	48
Die Höhe	0,39	0,36
Die Weite des Nabels	0,35	0,36
Die Dicke	0,37	0,37

Die jungen Umgänge dieser Form unterscheiden sich in nichts von *Cosm. ornatum*; mit dem Alter aber werden dieselben von den Seiten immer mehr und mehr zusammengedrückt, doch letzteres scheint, nach einigen Bruchstücken, die ich besitze, zu urtheilen, im Alter wieder zu schwinden, dann werden die Umgänge abgerundet. Die Seitenknötchen sind anfangs

nicht dicht, dann werden sie immer dichter und dichter an den Hauptrippen, und an den ausgewachsenen Umgängen nicht wieder undicht, wie am *Cosm. ornatum*. Sie werden im Gegentheil an den alten Umgängen, wie es scheint immer schwächer und schwächer, bis sie endlich ganz verschwinden.

Befindet sich in Westeuropa so wie bei uns in Einer Etage mit *Cosm. ornatum*.

26. Cosm. Pollux. Rein.

Fig. 36, 37.

Nautilus Pollux Reinecke fig. 24—26.
Amm. Pollux Zieten p. 15, Pl. II, fig. 2.
Cosm. Pollux Neum. Ornatenthon 1876. p. 343, tab. 25, fig. 5—6.

Der Durchmesser	31
Die Höhe	0,42
Die Weite des Nabels	0,36
Die Dicke	0,50

Diese Species unterscheidet sich sehr scharf von dem ihr nahen *Cosm. ornatum* durch die Abwesenheit der knotenlosen Zwischenrippen auf den jungen Umgängen. Die zusammenlaufenden Büschel enthalten eine, auch zwei und nur selten drei Rippen. Die Knoten sind recht gross; die siphonalen Knoten etwas zahlreicher als die Seitenknoten; die Anzahl der siphonalen aber nimmt mit dem Alter ab. Ganz ausgewachsene Formen sind nicht beobachtet worden.

Die Lobenlinie ist wie die des *Cosm. ornatum*.

Ich halte es für nöthig einen Mangel an Genauigkeit an Neumayers Zeichnung der Loben dieser Form zu berichtigen. Der Seitenlobus ist auf der Zeichnung so kurz, wie nie in der Natur; ebenso ist auch der zweite Nebensattel niemals um so viel kürzer als der erste, wie es die Zeichnung zeigt. Augenscheinlich ist der schlechte Zustand des Exemplares an der Unvollständigkeit von Neumayers Zeichnung schuld. Ich habe gegen zehn Exemplare dieser Ammoniten beobachtet und überall die Zeichnung der Loben so gefunden, wie es meine Fig. 37 darstellt. Kurze Loben, wie die an Neumayers Abbildung, entsprechen nicht dem Typus der ganzen Gruppe.

Cosm. Pollux befindet sich in West-Europa mit *Cosm. ornatum* zusammen. Die im Jaroslawer Jura gefundenen zwei Exemplare habe ich nicht selbst gefunden, kann deshalb von der Lage derselben nichts sagen; doch wahrscheinlich ist diese Form der Etage mit *Am. Leachi* eigen.

Trautschold beschreibt in seinem Werke vom Jahre 1876 (Ergänz. zur Fauna etc.) unter dem, von Eichwald zuerst vorgeschlagenen Namen *Amm. aculeatus* eine Form, die Eichwald und Sinzow zuerst abgebildet haben. Diese Form ist der Jugendzustand einer

der Species aus der Gruppe *Cosm. ornatum*, doch welcher, ist schwer zu sagen; augenscheinlich aber ist es keine selbstständige Form. Alle drei Arten auf die ich hingewiesen habe, *Cosm. ornatum*, *transitionis* und *Pollux* haben gleiche Jugendstadien. Die bereits erwähnte Eigenthümlichkeit, dass zwischen den mit Knoten versehenen Rippen keine knotenlosen sind, ist ein Merkmal, das allen drei Arten auf ihren ersten jungen Umgängen, besonders aber den Formen *transitionis* und *Pollux*, eigen ist, für letzteren ist es sogar ein Merkmal für den ausgewachsenen Zustand, soviel dieser bekannt ist. Ich finde kein einziges Merkmal, das mir als Basis zu dem Aufstellen der selbstständigen Speciesform *aculeatus* dienen könnte. Der Name *aculeatus* muss folglich aus dem Register selbstständiger Formen gestrichen werden, wie die meisten von den Benennungen Eichwald's, der die Jugendstadien von den selbstständigen Arten nicht zu unterscheiden verstand.

Cosmoceras Jason, *Gulielmii*, *Castor*, *Duncani*, *transitionis*, *ornatum* und *Pollux* mit noch einigen Formen, die man im mittelrussischen und westeuropäischen Jura trifft, bilden eine durch Uebergangsglieder eng verbundene Gruppe. Davon liegen die drei ersten in der Etage *Sim. anceps* West-Europas oder *Steph. compressum* von Jaroslaw; während die vier letzteren wenigstens im Jaroslawer Jura jedenfalls höher, in der Etage *Am. Leachi* oder in der Zone *Pelt. athleta* Westeuropa's liegen.

Beim Durchsehen der Merkmale, welche die erste Gruppe von der zweiten, jedenfalls späteren unterscheiden könnten, finde ich kein einziges einigermassen dauerhaftes. So trifft man das Zusammenlaufen der Rippen auf den siphonalen Knötchen manchmal an den Formen des *Cosm. Gulielmii*. Ausser diesem Merkmale ist die Form *Duncani* mit der Gruppe *Jason* durch alle Eigenthümlichkeiten ihres Baues eng verbunden. Die abgerundete Form der letzten Umgänge der Gruppe *ornati* ist *Cosm. Duncani* nicht eigen. Die Reihen von Suturalknoten, die der Gruppe *Jason* eigen sind, werden noch an einigen Exemplaren von *Cosm. transitionis* bemerkt, ohne von *Cosm. Duncani* zu reden. Mit einem Wort, so deutlich der Unterschied zwischen den typischen Formen *Jason* und *ornatum* ist, so sehr gleicht sich dieser Unterschied an den Zwischenformen aus. Wir haben hier ein anschauliches Beispiel einer durch die Zahl der Individuen, sowohl wie in Bezug auf geographische Vertheilung, sehr ausgebreiteten Form, die sich während zwei geologischer Perioden allmählich verändert und zum Schluss ihrer geologischen Existenz bis zum Typus *ornatum Pollux* gelangt ist, der sich von seiner Stammform *Jason* scharf unterscheidet. Die Erforschung der fossilen Ueberreste im Jura an der Oka geben mir die Möglichkeit, auf noch ältere Stammformen der Grundform *Jason* hinzuweisen, worüber ich in einer Monographie des an der Oka liegenden Jura mehr sagen werde.

Perisphinctes Waagen.

a) Die Gruppe procerus.

27. Perisph. Bolobanowi Nik.

Fig. 38, 39.

Ich habe einige höchst charakteristische Bruchstücke dieses Ammoniten, die eine flache Form bieten, deren Umgänge die vorhergehenden etwas verdecken. Die Form des Durchschnittes, die an den jungen Umgängen stark zusammengedrückt ist, wird an den ausgewachsenen fast abgerundet. Auf der Seitenfläche sind stumpfe, undichte, stark ausgeprägte Rippen, die sich nur beim Uebergange auf die Siphonalfläche spalten. Die Rippen theilen sich meist in zwei, seltener in drei Zweige. Diejenigen derselben, die auf der Siphonaloberfläche laufen sind schwächer ausgeprägt, als die Hauptrippen. Längs der Siphonalfläche geht eine schwache Furche, die nur auf dem innern Abdrucke bemerkbar ist. Die Rippen biegen sich etwas nach vorne. Hin und wieder bemerkt man Eindrücke und Spuren der ehemaligen Mündung, welche die Regelmässigkeit in der Verzweigung der Rippen auf der Siphonalfläche stören.

Die Lobenlinie neigt sich stark rückwärts zum Nabeltheile hin, doch senkt sie sich nicht niedriger als das Ende des Siphonallobus. Letzterer ist länger als die übrigen. Der zweite Seitenlobus ist kurz, stark nach aussen gebogen, so, dass sich derselbe mit dem ersten Seitenlobus fast kreuzt; die Hülfsloben sind zur Kreislinie der Muschel fast perpendicular. Die Sättel sind dichotom; der zweite ist sehr schmal, der dritte zum Centrum der Muschel hingeneigt.

Am nächsten schliesst sich unsere Form an *Perisph. evolutus Neum.* (Ool. v. Balin), unterscheidet sich aber von demselben durch längere Hauptrippen, die etwas vorwärts geneigt sind und die sich viel höher spalten. Uebrigens ist die Form *Perisph. evolutus* von Neumayer zu kurz beschrieben um einen genaueren Vergleich zu ermöglichen; vielleicht ist es eine und dieselbe Form. Die Lage von *Per. evolutus* ganz auf dem Grunde der Oxfordetage spricht auch für die Verwandtschaft desselben zu unserer Form, die dieselbe Lage hat. Von *Per. Orion Opp.* unterscheidet sich unsere Form durch geringere Gedrungenheit der Umgänge und eine kleinere Quantität der Rippenzweige.

Unter den Bruchstücken des *Per. Bolobanowi* ist mir eine interessante Abnormität begegnet. Die Rippen, die sich regelmässig auf einer der Seitenflächen der Umgänge getheilt, gehen sich immer mehr und mehr rückwärts biegend über die Siphonalfläche hinaus auf die andere Seite, ohne sich daselbst in starke Hauptrippen zu vereinigen, sondern eine kurze hervorragende Linie am Nabelrande bildend. Diese Symetrielosigkeit der äusseren Verzierungen hat die Regelmässigkeit der Lobenlinie nicht beeinflusst: allenfalls nur darin, dass der erste Seitensattel aus einem zweiendigen ein dreiendiger geworden ist, und sich im oberen Theile

verändert hat; die übrigen Theile der Lobenlinie sind an ihren Plätzen geblieben. Die innern Umgänge dieses Exemplars haben sich als regelmässig organisirt erwiesen. Das ist eine ähnliche Abnormität, wie ich sie bereits oben beim *Amatth. Leachi* beschrieben habe.

Die Etage mit *Amalth. cordatus. Bolobanowo.*

Fig. 38 stellt ein möglichst vollständiges Bruchstück dar; rechts die Siphonalfläche des mittlern von den drei abgebildeten Umgängen, auf derselben sieht man die Spur der ehemaligen Mündung, die die Regelmässigkeit der Rippen gestört hat.

Fig. 39. Die Lobenlinie desselben Exemplars.

b) Die Gruppe ancepsiformis.

28. Perisph. stephanoides Opp.

Fig. 41.

Amm. anceps albus Quenst. Jura p. 617, pl. 76, fig. 3.
Am. stephanoides Oppel. Pal. Mitth. p. 237, pl. 66, fig. 45.
idem Dumortier et Fontannes p. 96, Pl. 14, fig. 2.
idem Favre 1878, p. 38, Tab. III, fig. 6.
idem Loriol. La zone à A. tenuil. p. 84, pl. 13, fig. 7—10.

Der Durchmesser	59
Die Höhe d. Mündung	0,29
Die Höhe d. Luftkammer	0,17
Die Weite des Nabels	0,36
Die Dicke	0,40

Ein Ammonit mit niedrigen, breiten im siphonalen Theile stark plattgedrückten Umgängen, die weniger als die Hälfte der vorhergehenden verdecken.

Die Form des Durchschnitts ist ein niedriges, eckiges Oval, das nur in der Nähe der Mündung der Wohnkammer an ausgewachsenen Exemplaren einigermassen höher und runder wird. Die Rippen sind im Nabeltheile der Seitenfläche stark ausgeprägt. Etwas unterhalb der Mitte der Seitenfläche bilden sie scharfe Knötchen, die besonders stark auf der Wohnkammer ausgeprägt sind. In der Jugend, ungefähr bis zu einem Durchmesser von 20 mm., theilen sich die Rippen, von diesen Knötchen aus, in drei Zweige, darauf werden die dreispaltigen Rippen durch dichotome ersetzt, die auf der ausgewachsenen Muschel allein dominiren. Die Zweige sind scharf, besonders auf der Wohnkammer. Im Allgemeinen ist die Richtung der Rippen strahlenförmig, etwas nach vorne gebogen. Längs der Siphonalfläche geht eine Furche, die auf den innern Umgängen kaum zu bemerken ist, auf der Wohnkammer dagegen deutlich und tief, bis zum Verschwinden der Rippen.

Die Wohnkammer, die ganz von Rippen bedeckt ist, nimmt ungefähr $^3/_4$ eines Umganges ein. Die emporgehobene Mündung schliesst mit einem breiten, glatten Rande.

Die Lobenlinie ist nicht deutlich.

Perisph. stephanoides ist eine dem *Sim. anceps* aus der Kelloway-Periode sehr nahestehende Art, die sich von derselben durch scharfe, dichotomische Rippen unterscheidet. Von der bei d'Orbigny *Terr. jurass.* Pl. 166, fig. 3, 4 unter dem Namen *anceps* abgebildeten, mit dem wirklichen *anceps* wohl kaum identischen Form, unterscheidet sich *Perisph. stephanoides* durch einen ganz anderen Typus des Durchschnittes und unvergleichlich stärkere und schärfer hervortretende Rippen. Uebrigens ist zu bemerken, dass *Perisph. stephanoides* eine in der Höhe des Durchschnittes und der Tiefe der siphonalen Furche sehr unbeständige Form ist. Unsere Form gleicht am meisten der Abbildung Favre's, der ebenfalls findet, dass die siphonale Furche auf der Wohnkammer am stärksten zu bemerken ist. Loriol sagt gerade das Gegentheil, doch wie es scheint von derselben Form. Das mag vielleicht davon abhängen, dass der Eine von der Muschel und der Andere von dem innern Abdrucke spricht.

Perisph. stephanoides befindet sich in Westeuropa ganz oben in der Oxfordperiode in der Zone der *Opp. tenuilobata.*

Im Jaroslawer Jura liegt dieselbe in der Etage *Amalth. alternans. Koprino.*

Fig. 41 bietet ein vollständiges Exemplar dieser Species mit conservirter Mündung. Die Muschel fehlt, es ist blos der ihnere Abdruck. Der Zeichner hat irrthümlich in der Mündung die Kammerscheidewand gezeichnet.

29. Perisph. Fraasiiformis Nik.

Fig. 42, 43.

Mit diesem Namen belege ich höchst merkwürdige und interessante Bruchstücke, die ich bei Koprino in den Schichten mit *Amalth. alternans* gefunden habe. Das Bruchstück stellt eine flache Muschel mit abgerundeten Umgängen vor, die gegen die Hälfte der vorhergehenden verdecken. Die Figur des Durchschnittes ist auf dem äusseren Umgange fast abgerundet und auf dem innern stark plattgedrückt; hat einen abgerundeten Nabelrand. Starke Einschnürungen theilen die Muschel in scharf abgegrenzte Theile, die mit Rippenbüscheln bedeckt sind, welche zu drei und vier aus den grösseren Knötchen auf dem Nabeltheile der Seitenfläche hervorkommen. Einige der Rippen verlieren sich auf der Seitenfläche ohne in Knoten überzugehen. Auf der Siphonalfläche ist eine schwache Furche. Die Lobenlinie ist wenig zerschnitten. Der Siphonallobus ist etwas kürzer als der erste Seitenlobus. Die Seitenloben sind schmal. Die Hülfsloben sind etwas auswärts gebogen und die Lobenlinie ist an dieser Stelle ein wenig niedriger. Die Sättel sind wenig verzweigt.

Nur muthmasslich rechne ich diese Form zu der Gattung *Perisphinctes*, da dieselbe auch viel Aehnlichkeit hat mit den Gruppen *Stephanoceras, Olcostephanus,* und endlich den Stammgliedern der Gruppe *Simoceras* am nächsten steht. Diese Frage wird man nicht eher entscheiden können, als wenn sich ein vollständigeres Exemplar finden lässt. Auf den ersten

Blick macht *Perisph. Fraasiiformis* den Eindruck von *Simoc. Fraasii Opp.* aus der Zone *Pelt. athleta*, unterscheidet sich aber von demselben entschieden durch die Abwesenheit einer zweiten Reihe Knötchen, durch eine viel schwächere Siphonalfurche und endlich durch eine andere Form des Querdurchschnittes. Eine andere mir bekannte nahe Form ist *Olcosteph. Groteanus Opp.*, die in Indien und auch in den Schichten von Stramberg gefunden wurde. Von dieser unterscheidet sich unsere Art durch das Vorhandensein einer Furche und die runde Form des Durchschnittes. Am nächsten steht *Perisph. Fraasiiformis* zu einer in meiner Sammlung sich befindenden Form, die noch nirgends beschrieben worden ist und die ich aus der Schweiz ohne Namen, mit der blossen Bezeichnung «Randen, Schaffhausen, Oberbrauner Jura», erhalten habe. Diese Form ist *anceps* ausserordentlich nahe verwandt, erinnert, besonders durch die Figur des Durchschnittes an das junge Exemplar, das bei d'Orbigny abgebildet ist (*Terr. Jurass.* Tab. 166; fig. 2), unterscheidet sich aber, sowie *Fraasii* und *Fraasiiformis* durch Einschnürungen, Vereinigung der Rippen in Büschel und durch die Richtung dieser Büschel nach vorne.

Die Gruppe *anceps* mit allen von ihr abstammenden: *sulcatum Hehl.*, *Greppini Opp.* *Rehmanni Opp.*, *Fraasii Opp.*, *stephanoides Opp.* und *Fraasiiformis Nik.*, *Groteanus Opp.* *Cautleyi Opp.* und *Stanleyi Opp.* ist äusserst interessant als Stammform so scharf unterschiedener Gruppen im Jura und in der Kreide, wie *Simoceras* und *Olcostephanus*. Entschieden zu sagen, wo die Gattung *Perisphinctus* endet und *Simoceras* und *Olcostephanus* beginnt ist unmöglich. Jedenfalls bieten *anceps*, und besonders *stephanoides* typische *Perisphinctes*, während *Fraasiiformis* und *Fraasii* schon stark an echte *Simoceras* erinnern, sowie zum Beispiel die Formen *Agrigentinum Gem.* und *contortum Neum.;* und ich würde nicht anstehen die Form *Fraasiiformis* zu der Gattung *Simoceras* zu rechnen, wenn nicht deren nahe Verwandtschaft zu den Formen *Groteanus, Cautleyi, Stanleyi* und folglich zu der Gattung *Olcostephanus* wäre.

c) Die Gruppe plicatilis.

30. Perisph. plicatilis Sow.

Amm. plicatilis Sow. p. 149, Pl. 166.
Amm. biplex d'Orb. Geol. d. l. Russie p. 445, Pl. 37, fig. 3—4.
Amm. biplex d'Orb. Terr. jurass. Pl. 192, fig. 1—6 (non 4, Pl. 191).
Amm. plicatilis Seebach. Hann. Jura p. 156 (pars).
Perisph. plicatilis Ammon. 1875, p. 175 (pars).
idem Waagen Kutch. p. 189, Tab. 51, fig. 2, 3. Tab. 52, fig. 3.
Amm. plicatilis parobolis Trautsch. Ergänz. z. Fauna etc. p. 19, Tab. 10, fig. 21.

Ein Exemplar dieser Form ist in Bolobanowo, in der Etage *Am. cordatus* gefunden. Bei der Eintheilung der Gruppe *plicatilis* folge ich Waagen, auf dessen Werk ich den Leser weise. Die Form ist allzubekannt, um einer besondern Zeichnung zu bedürfen. Die vollständige Beschreibung derselben und einen Vergleich mit andern Gliedern der Reihe beabsichtige ich in meinem Werke vom Moskauer Jura zu bringen, da sich dort die meisten Glieder dieser Reihe befinden.

Das Exemplar aus Jaroslaw ist mit zahlreichen Musterstücken dieser Species aus Miatschkowo vollkommen identisch.

31. Perisph. Martelli Opp.

Fig. 44.

Amm. biplex d'Orb. Terr. jurass. Pl. 191.
Amm. biplex impressae Quenst. Jura Tab. 73, fig. 18.
Amm. Martelli Oppel. Pal. Mitth. II, p. 247.
Perisph. Martelli Ammon. p. 173.
Perisph. Martelli Waagen Kutch. p. 190, Tab. 55, fig. 3.

Ausgewachsene Exemplare dieser Form mit der charakteristischen Wohnkammer wurden öfters im mittelrussischen Jura in der Etage mit *Am. alternans* gefunden. Einer derselben, der bei Kolomna gefunden wurde (*Konew bor*) wird im Museum der Moskauer Universität aufbewahrt, ein anderes habe ich in Eichwald's Sammlung im Museum der St. Petersburger Universität gesehen. Da die innern Umgänge dieses Ammoniten, so viel ich weiss, nirgends abgebildet sind, so gebe ich hier die Zeichnung der Theile eines von mir zerschlagenen Exemplars, aus Koprino, wo diese Form selten in der Etage *Am. alternans* vorkommt. Die Beschreibung in der Monographie des Moskauer Jura.

d) Die Gruppe virgati.

32. Perisph. virgafus Buch.

Amm. virgatus Buch. Trois planches d'Ammon. Pl. 2, fig. 4.
Amm. virgatus d'Orb. Geol. d. l. Russie p. 426, Tab. 31, fig. 6—12.

Im Jura von Jaroslaw begegnet man nicht selten im eisenschüssigen Sandstein beiden bei d'Orbigny dargestellten Varietäten dieser Species, die für den mittelrussischen oberen Jura charakteristisch ist.

Durch eine Reihe von Formen, die man grösstentheils im Moskauer Jura trifft, geht diese Species in die Formen des Typus *biplex* über. Davon kommen die beiden weiter unten

genannten Arten im Jaroslawer Jura so häufig vor, dass sie die typische Form *Perisph. virgatus* bei weitem an Anzahl übertreffen.

33. Perisph. Lahuseni Nik.

Fig. 50, 51.

Der Durchmesser	120	90	65
Die Höhe	0,25	0,28	0,31
Die Weite des Nabels	0,34	0,40	0,41
Die Dicke	0,37	0,33	0,33

Ein Ammonit mit abgerundeten, im Alter etwas plattgedrückten und sich in die Breite ziehenden Umgängen, die ungefähr die Hälfte der vorhergehenden umfassen. Der Durchschnitt ist oval mit abgerundetem Nabelrande, wird mit dem Alter breiter und niedriger. Die Rippen sind abgerundet, stark hervortretend; auf den jungen Umgängen sitzen sie gedrängt und theilen sich in drei Zweige. Mit dem Alter scheidet sich der dritte, gewöhnlich hintere Zweig, mehr oder weniger rasch von der Hauptrippe, fliesst mit derselben nicht zusammen und verliert sich unterhalb der Mitte der Seitenfläche. Noch weiter verschwindet dieser Zweig allmählich ganz. Zwischen den dreispaltigen Rippen zeigen sich immer mehr und mehr dichotome, bis endlich alle dichotom sind. Die Form ist unbeständig. An einigen Exemplaren erhalten sich die dreispaltigen Rippen, mit den in eine Hauptrippe zusammenlaufenden Zweigen bis zu einem bedeutenden Alter, und die Form nähert sich um so mehr *Perisph. virgatus*. An andern wieder werden die Rippen bald ausschliesslich dichotom, dabei schärfer zugespitzt, und die Form nähert sich *Perisph. bipliciformis Nik.* und sogar *Pallasianus d'Orb.*, von der sie aber die innern Umgänge sogleich unterscheiden.

Die Wohnkammer nimmt gegen $^2/_3$ eines Umganges ein und ist ganz mit Rippen bedeckt. Die Mündung ist einfach von einer dicken Rippe umrandet. Grosse Exemplare, die 300—400 mm. im Durchschnitt haben, zeigen sehr niedrige, im siphonalen Theile stark abgeplattete Wohnkammern, die mit dicken abgerundeten dichotomen Rippen bedeckt sind.

Die Lobenlinie ist nach dem Typus *Perisph. polyplocus*. Der siphonale Lobus ist doppelt so breit und etwas länger, als der erste Seitenlobus. Der zweite Seitenlobus ist regelmässig entwickelt. Die Sättel sind dichotom. Am Nabeltheile biegt sich die Lobenlinie gar nicht rückwärts.

Von *Perisph. Panderi Eichw.*, dem unsere Form im ausgewachsenen Zustande im Allgemeinen gleicht, unterscheidet sie sich durch schärfere Rippen, die beständig dichotom werden, während dieselben am *Panderi* aus dichotomen dreispaltig werden. Der Durchschnitt der Form *Panderi* ist mehr abgerundet. Die Umgänge dieses Ammoniten umfassen weniger als die Hälfte der vorhergehenden, was ihm einen ganz anderen Umriss verleiht. Von *Per. Thurmani Contej.* unterscheidet sich unsere Form durch den Durchschnitt. Von *Perisph.*

Bleicheri Loriol—durch unvergleichlich zahlreichere dreispaltige Rippen. Ausserdem sind an *Bleicheri* keine secundären Rippen, die nicht bis zu den Hauptrippen gelangen. Die Umgänge dieser letzten Form verdecken die vorhergehenden unvergleichlich weniger.

In der Etage mit *Perisph. virgatus*. Glebowo-Iwanowsky, Koprino, Ljgowetz, Bolobanowo ziemlich häufig.

Fig. 50 zeigt eine Form mit vollständiger Wohnkammer und gut erhaltener Mündung. Innerer Abdruck ohne Muschel. Die innern Umgänge erhalten sich nur selten an den Ammoniten dieser Etage, die aus lockerem, eisenschüssigem Sandstein besteht.

34. Perisph. bipliciformis Nik.

Fig. 52.

Der Durchmesser	105	58
Die Höhe	0,24	0,31
Die Weite des Nabels	0,46	0,41
Die Dicke	0,27	0,33

Eine flache Form, deren Umgänge gegen $^1/_3$ der vorhergehenden umfassen; die Form des Durchschnittes ist oval. Die stark vorragenden abgerundeten Rippen sind nach vorne gerichtet. Die meisten Rippen spalten sich in zwei Zweige etwas oberhalb der Mitte der Seitenfläche, so dass der Anfang der Zweige unter den verdeckten Umgängen kaum zu sehen ist. Einige der Zweige schwinden auf der Seitenfläche, ohne sich mit den Hauptrippen zu vereinigen. Jeder Umgang besitzt 3—4 schwache Einschnürungen. Auf vorliegender Abbildung ist der äussere Umgang zwei Mal auf diese Weise zugezogen, das eine Mal am Anfang, das andere Mal am Ende. Nach so einer zugezogenen Stelle folgt eine einfache, ungetheilte Rippe, die einen Rest der ehemaligen Mündung bildet.

Die Länge der Wohnkammer und die Form der Mündung und der Lobenlinie ist unbekannt.

Ungeachtet des Reichthums an Formen mit dichotomen Rippen, die in letzterer Zeit von Waagen, Loriol und anderen beschrieben und abgebildet worden, kann ich auf keine hinweisen, die mit unserer Form identisch sei. Am nächsten steht letztere zu Sowerby's Abbildung Pl. 293, fig. 1—2, von der sie sich nur durch die Figur des Durchschnittes unterscheidet. Sowerby hat diesen Ammoniten unter dem Namen *Am. biplex* aus den Kimmeridge-Schichten Englands beschrieben. Doch ist in letzter Zeit, besonders durch Loriol, bewiesen, dass diese Abbildung der wahren Form *biplex* die in den Kimmeridge Schichten Englands und Frankreichs oft vorkommt, und sich durch abgerundetere Umgänge und schärfere Rippen auszeichnet, nicht entspricht. Dieselben Merkmale unterscheiden in noch grösserem Maasse unsere Form von *Perisph. Pallasii d'Orb.* und *Am. biplex bifurcatus Quenst.* *Perisph. bipliciformis* hat, im Vergleich zu jenen, höhere Umgänge, weniger scharfe Rippen,

die öfter auf der Oberfläche der Umgänge sitzen und viel stärker nach vorne gerichtet sind. *Perisph. Bleicheri Loriol* unterscheidet sich, so viel man nach der Beschreibung urtheilen kann, da die Zeichnung, laut LORIOL's eigenen Worten in seinem Werke nicht gut sein soll, durch zusammengedrücktere Umgänge und einen höhern Bifurcationspunkt (letzterer ist an der Zeichnung nicht zu sehen). *Perisph. Tiziani Opp.* hat bei gleichem Alter weniger dichte Rippen, die dabei stärker nach vorne gebogen sind. Alle der Form *Per. bipliciformis* nahe stehenden Formen aus der Oxfordperiode unterscheiden sich von derselben durch gedrängtere Rippen. Andere Species mit dichotomen Rippen unterscheiden sich von unserer Form auf den ersten Blick.

Perisph. bipliciformis scheint mir durch eine Reihe Uebergangstypen mit *Perisph. virgatus* verbunden zu sein; unmittelbar durch solche Formen, wie *Perisph. Lahuseni*, das Schlussglied der ganzen Reihe bildend. Diese Reihe gedenke ich in meiner Monographie des Moskauer Jura genauer zu besprechen.

Perisph. bipliciformis kommt in der Etage mit *Perisph. virgatus* vor. Glebowo-Iwanowsky, Ljgowetz.

e) Die Gruppe polyploci.

35. Perisph. Stschurowskii Nik.

Fig. 53—56.

Der Durchmesser	160	103	45
Die Höhe	0,25	0,25	0,26
Die Weite des Nabels	0,41	0,34	0,35
Die Dicke	0,31	0,36	0,33

Eine flache Form mit abgerundeten, plattgedrückten Umgängen, die über die Hälfte des vorhergehenden bedecken. Die Form des Durchschnittes ist in jedem Lebensalter abgerundet mit etwas zusammengedrückten Seiten und einem abgerundeten Nabelrande. In der Jugend von dichten wenig hervortretenden Rippen bedeckt, die meist dichotomiren und seltener sich gegen die Mitte der Seitenfläche oberhalb der Linie, wo die folgenden Umgänge befestigt sind, in drei Zweige theilen. Die Rippen gehen etwas vorwärts geneigt, ohne jede Unterbrechung, über die Siphonalfläche auf der andern Seite in entsprechende Rippen übergehend. Mit zunehmendem Alter der Muschel werden die Rippen etwas weniger dicht, theilen sich öfter in drei Zweige und fangen an sich auszugleichen und zu schwinden, zuerst am Nabeltheile der Seitenfläche. Nachdem der Ammonit einen Umfang von ungefähr 100 mm. erreicht hat, wird derselbe ganz glatt. Aber weiter auf den Exemplaren von 200 Millim. bekommt er wieder auf den Luftkammern schwach angedeutete Knötchen in der Nabelkante.

Die Wohnkammer und die Form der Mündung sind ungenügend bekannt.

Obgleich die Lobenlinie von einem kleinen Exemplar abgebildet ist, so habe ich doch dieselbe theilweise an grossen Exemplaren beobachtet. Der Siphonallobus ist kaum länger, als der erste Seitenlobus. Beide Seitenloben haben nur je ein Ende; der zweite ist regelmässig entwickelt, wie in der ganzen Gruppe *polyploci*. Die Lobenlinie ist im Nabeltheile fast gerade, nur leicht rückwärts gebogen. Der erste Seitensattel ist zweiendig, mit einem Siphonalzweige, der viel länger ist, als der Nabelzweig. Beide Sättel sind breit.

Diese Form aus der Gruppe *polyploci* unterscheidet sich von *Perisph. polyplocus* und andern ihm verwandten Arten, durch die abgerundete Form des Durchschnittes und die dichotomen dichten Rippen. Unserer Art zunächst steht aus dieser Gruppe *Perisph. virgulatus Quenst.*, der denselben Typus der Rippen hat, sich aber durch die Durchschnittsform unterscheidet. Von der Gruppe *biplex* und besonders von *Perisph. Rhodanicus Dumort., denseplicatus Waagen*, unterscheidet sich unsere Species durch den Bau der Lobenlinie nach dem Typus *polyplocus*, der durch die regelmässige Form des zweiten Seitenlobus und des entsprechenden Sattels characterisirt wird. Dasselbe Merkmal unterscheidet dieselbe auch noch von den Gliedern der Gruppe *polygyrati*, wie: *P. geron. Ziet, P. Eggeri Ammon.*

Perisph. Stschurowskii befindet sich sehr häufig in der Etage *Perisph. virgatus*. Glebowo-Iwanowsky.

Fig. 53—55 bieten verschiedene Entwickelungsstadien dieser Form.

Fig. 56 — die Lobenlinie.

f) Die Gruppe okensis.

36. Perisph. okensis d'Orb.

Fig. 57—59.

Amm. okensis d'Orb. Geol. d. l. Russie p. 436. Pl. 34; fig. 13—17.

Der Durchmesser	116	68	56	39
Die Höhe	0,21	0,25	0,29	0,26
Die Weite des Nabels	0,34	0,31	0,26	0,26
Die Dicke	0,28	0,40	0,39	0,30

Eine Muschel mit abgerundeten, etwas plattgedrückten Umgängen die gegen $^3/_4$ des vorhergehenden verdecken. Sehr merkwürdig sind die Veränderungen der Figur des Durchschnittes an dieser Muschel, die uns fig. 58 zeigt. Anfangs bilden die Umgänge ein etwas gehobenes, von den Seiten eingedrücktes Oval, zu dieser Zeit hat die Muschel das Aussehen der Fig. 57, wenn man die stark gehobene Mündung dieses Exemplars nicht in Betracht zieht. Darauf erweitert und rundet sich das Oval ab und nimmt das Aussehen von d'Orbigny's Zeichnung an, wenn es auch vielleicht etwas feiner ist. Darauf nehmen die Umgänge

rasch an Höhe zu; der Durchschnitt wird fast zu einem Dreieck, um aber auf der Wohnkammer ausgewachsener Exemplare wieder zum Oval zurückzukehren. Der Nabeltheil der Seitenfläche ist ganz glatt; nur auf den allerersten Umgängen sind leichte Rippen zu bemerken. Der siphonale Theil, im Gegentheil, ist von dicken, abgerundeten, sich auf den Seiten verlierenden Rippen bedeckt. Diese Rippen heben sich auf den Luftkammern nur schwach ab; auf den Wohnkammern junger Exemplare aber sind dieselben stark ausgeprägt. Auf den ausgewachsenen Exemplaren verschwinden die Rippen nach und nach gänzlich, wenn sie an die Wohnkammer kommen, die eine ganz glatte Oberfläche hat.

Die Wohnkammer misst gegen 310—320° und hat an jungen Exemplaren eine emporgehobene Mündung, hinter der die Muschel eine breite glatte Einschnürung hat; an ausgewachsenen Formen bietet die Mündung nichts Besonderes in ihrer Bildung.

Die Lobenlinie ist an allen Gliedern der Gruppe gleich und unterscheidet sich nicht von derjenigen der verwandten westeuropäischen Formen *Perisph. suberinus Ammon., Rolandi Opp.* und unserer russischen Ammoniten aus der Gruppe *virgati.* Alle diese Formen haben eine Lobenlinie, die im Nabeltheile nicht rückwärts gebogen ist. Der siphonale Lobus ist länger als der Seitenlobus; der zweite und dritte Lobus sind bedeutend entwickelt; die Sättel sind breit, durch flache Secundärloben in zwei ungleiche Theile getheilt, wobei die zum Sipho gerichteten Zweige breiter als die entgegengesetzten sind.

Alle zahlreichen Exemplare dieser Species, sowohl die aus Jaroslaw, wie aus Simbirsk sind etwas weniger aufgeblasen, als es bei d'Orbigny gezeigt ist, nur der Fig. 58 dargestellte Durchschnitt eines grossen Exemplars kommt in einigen Theilen seiner Umgänge der Zeichnung d'Orbigny's nahe. Doch in Betracht durchweg aller Merkmale, die den zahlreichen, von mir beobachteten Exemplaren und der von d'Orbigny beschriebenen Form eigen sind; in Betracht dessen, dass in dem russischen Jura keine andere d'Orbigny's Zeichnung ähnliche Form vorkommt, identificire ich die zu beschreibende Form mit der von d'Orbigny abgebildeten. In Elatma, wo d'Orbigny *Am. okensis* angiebt, trifft man nichts ähnliches, und kann auch nicht treffen, da bei Elatma gar keine Schichten des Oberjura vorhanden sind; und dass d'Orbigny's Abbildung eine oberjurassische Form ist, unterliegt keinem Zweifel. Wir sehen hier, wie in vielen ähnlichen Fällen das Resultat jenes vernachlässigten Zustandes, in welchem das paläontologische Material von Murchison's Expedition, d'Orbigny übergeben wurde.

Perisph. okensis befindet sich in der Etage *Am. fulgens.* Kamenik, Ljgowez.

Fig. 57 stellt ein junges Exemplar mit Wohnkammer und conservirter Mündung dar.

Fig. 58 ein ausgewachsenes Exemplar mit fast vollständiger Wohnkammer, der nur der Mündungsrand fehlt, der sich nur hier und da erhalten hat; rechts — der Durchschnitt dieser Form.

37. Perisph. subditoides Nik.

Fig. 60.

Am. subditus Vischniakoff p. 43. Tab. I, fig. 1.

Der Durchmesser	57	53
Die Höhe	0,26	0,28
Die Weite des Nabels	0,34	0,36
Die Dicke	0,32	0,30

Diese Form zeichnet sich, sowohl von der vorhergehenden, wie auch von der ihr nahen *Per. subditus Trauts.* scharf ab. Von dem *Per. okensis* unterscheidet sich dieselbe durch die Fortsetzung der Rippen auf der ganzen Seitenfläche und durch beträchtlichere Dicke. Von *Per. subditus* unterscheidet sich dieselbe: 1) durch unvergleichlich dickere, schärfere Rippen, die sich ungefähr auf der Mitte der Seitenfläche deutlich in zwei Zweige theilen; letzteres ist besser zu bemerken, wenn die Muschel selbst erhalten ist. Am öftesten gehen zwischen den über die ganze Seitenfläche laufenden Hauptrippen zwei secundäre Rippen, die sich mit jenen nicht vereinigen. Die Hauptrippen gleichen sich gegen die Mitte der Seitenfläche nicht aus. 2) Die Form des Durchschnittes ist dicker, niedriger, wird im siphonalen Theile nicht schmäler, bietet ein regelmässiges Oval. 3) Die Wohnkammer, die ich nur an jungen Exemplaren kenne, die nicht über 60 Mm. im Durchmesser haben ist weniger lang, als an *Perisph. subditus* und namentlich nicht länger als 310°. Die Mündung wie an den jungen *Perisph. okensis*; Spuren von Einschnürungen sind zuweilen an den innern Umgängen bemerkbar.

Das von H. Krylow beschriebene Bruchstück von *Am. versicolor* müsste vielleicht zu dieser Species geschlagen werden.

Die von mir gebotene Zeichnung Fig. 60 und die Zeichnung Vischniakow's zeigen die beiden äussersten Formen, in deren Grenzen diese Species schwankt. Beide Abbildungen zeigen eine vollständig erhaltene Mündung.

Kommt im Jaroslawer Jura, in der Etage des *Am. fulgens* vor. In dem Moskauer Jura geht diese Form in die folgende Etage des *Perisph. subditus* über.

Ljgowez-Kamenik.

38. Perisph. fragilis Trauts.

Fig. 61.

Ammon. fragilis Trauts. Bull. d. Moscou 1866, I, Tab. III, fig. 3.

Der Durchmesser	56	66
Die Höhe	0,28	0,27
Die Weite des Nabels	0,25	0,23
Die Dicke	0,34	0,38

Diese Form gleicht so sehr *Perisph. subditus*, dass man dieselben wohl kaum von einander unterscheiden könnte, wenn sie in Einer Etage wären. Doch das Vorhandensein von beständigen, wenn auch schwachen Merkmalen, die immer die Formen einer Etage von denen einer andern unterscheiden, lassen mich diese zwei Formen scheiden. Augenscheinlich ist, dass aus *Per. fragilis* in der nächsten Etage sich der Typus *subditus* gebildet hat, so wie *fragilis* in derselben Etage aus *okensis* entstanden ist. *Perisph. fragilis* unterscheidet sich von *okensis* durch die Anwesenheit wenig bemerkbarer Rippen auf dem Nabeltheile der Umgänge; durch einen etwas tieferen Nabel und durch dickere, höhere Umgänge bei gleichem Alter. Von *Perisph. subditus* unterscheidet sich unsere Form: 1) Durch feine Rippen, die im Nabeltheile nie jene scharfen Umrisse haben, die den Formen *subditus* eigen sind. Mit zunehmendem Alter gehen die Rippen im Nabeltheile nicht in Knötchen über, sondern gleichen sich allmählich aus. 2) Durch grössere Höhe und Gedrungenheit der Umgänge im Nabeltheile, wodurch der Nabel tiefer und schmäler erscheint.

Die Länge der Wohnkammer beträgt, wie an *Perisph. subditus* ungefähr 350°. Die Mündung bietet nichts Besonderes. Die Wohnkammer unterscheidet sich in nichts von den übrigen Umgängen, wenigstens in den von mir beobachteten Formen.

Am. semistriatus d'Orb., mit dem Eichwald diese Species Trautschold's identificirt, hat mit derselben nichts gemein.

Kamenik, Etage mit *Amalth. fulgens*.

Fig. 61 zeigt uns eine Form mit einem Theil der conservirten Mündung der Wohnkammer.

39. Perisph. subditus Trauts.

Amm. Koenighi d'Orb. (non Sow.) Géol. d. l. Russie p. 436, Tab. 35; fig. 1—6.
Am. subditus Trauts. Bull. d. Moscou 1876, № 4, p. 392.

Der Durchmesser	155	80	92	40
Die Höhe	0,23	0,27	0,27	0,25
Die Weite des Nabels	0,29	0,33	0,31	0,30
Die Dicke	0,28	0,33	0,30	0,37

Eine Form mit abgerundeten, etwas plattgedrückten Umgängen, die die vorhergehenden über $^3/_4$ verdecken. Die Form des Durchschnittes ist ein Oval, das im siphonalen Theil etwas zusammengezogen ist. Am breitesten ist dasselbe etwas unterhalb des Gipfels des vor-

hergehenden Umganges; der Nabeltheil der Umgänge ist abgerundet. Die Form des Durchschnittes wechselt fast nicht mit dem Alter. Nur auf der Wohnkammer besonders grosser Exemplare bemerkt man eine grössere Regelmässigkeit des Ovals, wobei die breiteste Stelle etwas höher, näher zur Mitte des Durchschnittes zu stehen kommt. Die Rippen, die an den jungen Exemplaren stark ausgeprägt sind, spalten sich gewöhnlich höher als im untern Drittel der Seitenfläche, doch niemals niedriger (wie bei der Gattung *Olcostephanus*). Nach und nach zeigen sich zwischen den Hauptrippen secundäre, die sich auf der Seitenfläche verlieren; anfangs nur eine, dann zwei und sogar drei. Alle Rippen sind im siphonalen Theile bedeutend nach vorne geneigt. An ausgewachseneren Formen, von ungefähr 30—50 Mm. im Durchmesser, fangen die Hauptrippen an, im Nabeltheile der Seitenfläche sich zu länglichen Knötchen zu verstärken, und darauf, ungefähr in der Mitte der Seitenfläche sich ganz auszugleichen, so, dass zwischen denselben und den secundären, viel feineren und dünneren Rippen des siphonalen Theiles ein fast glatter Streifen bleibt, auf dem schwache Wellenlinien die Vereinigung von 4—5 siphonalen Rippen in Büschel, in der Richtung zu den stärker gewordenen Hauptrippen, andeuten. In noch vorgerückterem Alter schwinden die Rippen gänzlich; zuerst die siphonalen Rippen, und dann auch die dickeren Nabelrippen, so dass die Wohnkammer an einem Exemplar von 150 Mm., das ich besitze, vollkommen glatt ist. Die Wohnkammer nimmt fast einen ganzen Umgang ein, gegen 350°. Die Mündung ist ganz einfach bezeichnet; unterscheidet sich nicht von der Form der Rippen, hat, wenigstens an den bei mir befindlichen Exemplaren von 50 und 80 Mm., keine besonderen Zugaben und Einschnürungen. An den Exemplaren von 50 Mm. ist keine Abweichung der Wohnkammer von der allgemeinen Richtung der Spirale zu bemerken; an den grossen Exemplaren aber heben sich die Umgänge der Spirale ein wenig, und der Nabel wird breiter, was bei sehr vielen Formen der Gattung *Perisphinctes*, und auch an allen Gliedern der Gruppe *okensis* beobachtet werden kann.

Die Lobenlinie ist wie an *Perisph. okensis.*

Ich habe zwei Varietäten des zweiten Seitensattels bemerkt, an den einen schmälere, und an den andern breitere Umrisse desselben; in letzterem Fall nimmt der Sattel ein unregelmässiges Aussehen an; diese Eigenthümlichkeiten haben jedoch keinen Einfluss auf die übrigen Merkmale der Art.

Diese charakteristische Form hat d'Orbigny zu der Species *Am. Koenighi* wahrscheinlich nur aus Unkenntniss englischer Originale gerechnet, da die Zeichnung von Sowerby, wie die meisten seiner Zeichnungen, nicht die Möglichkeit giebt, eine genauere Definition zu machen.

Wenn wir die ausgezeichneten Zeichnungen von *Perisph. Koenighi* in Neumayer's Werk (Oolith. v. Ballin) vergleichen so sehen wir einen wesentlichen Unterschied in der Form des Durchschnittes, in der Dicke der Rippen, in der Weise der Windungen, und endlich in einem ganz anderen Typus der Lobenlinie. Dies alles hat kürzlich Trautschold bewogen, unserem Ammoniten einen anderen Namen zu geben.

Perisph. subditus wird in der oberen Etage des Jaroslawer Jura (Kamenik) eigentlich nur vermuthet, aber die mir bekannten Bruchstücke dieser Form aus dieser Gegend haben bis jetzt keine durchaus entscheidende Bedeutung. Für die entsprechenden Etagen des Moskauer und Simbirsk'schen Jura ist diese Form characteristisch.

Die Gruppe der Formen *Perisph. okensis, subditoides, fragilis, subditus* zu denen man noch *Perisph. nodiger* Eichw. und *Kaschpuricus* Tr. rechnen muss, bilden eine ununterbrochene Reihe von Formen die mit einander verbunden sind. Auf den ersten Blick müssen dieselben zu *Perisphinctes* gerechnet und zwischen die Gruppen *polypoci* und die von Ammon festgestellte *trimeri* gestellt werden. Die allgemeine Form der Umgänge, der Character der Rippen und ihrer Veränderungen mit dem Lebensalter, die Form der Loben, Form und Länge der Wohnkammer, dies alles lässt nicht den geringsten Zweifel darüber, und es ist durchaus überflüssig mit so grossen Anstrengungen, wie Herr Wischniakow es thut, diese Gruppe zur Gattung *Olcostephanus* Neum. rechnen zu wollen. Wischniakow vergleicht unsere Gruppe mit den Ammoniten der Gattung *Perisphinctes* aus den Gruppen *biplex* und *polygyratus*, vergisst aber die Existenz anderer Gruppen dieser Gattung. Indem genannter Autor die Aehnlichkeit zwischen unserer Gruppe mit der Gattung *Olcostephanus* zu finden sucht, beweist er, ohne es selbst zu merken, deren letzte Verschiedenheit. Mir wenigstens wurde es nach der Lectüre seiner Abhandlung klar, dass der Grund um *Perisph. Kaschpuricus* und *subditus* zu *Olcostephanus* zu rechnen nichts weiter als eine falsche Definition der Kaschpur'schen Ammoniten von Pr. Ludwig war, der, laut den Worten des Autors *Am. Kaschpuricus — Am. Groteanus* benannt hat. In der That: weder die allgemeine Form, noch der Character der der Rippen, noch der Weise der Verzweigung und Veränderung derselben mit dem Lebensalter, noch endlich die Länge der Wohnkammer, d. h. kein einziges von den Merkmalen, die als Grundlage für das System der Ammoniten in gegenwärtiger Zeit dienen, bietet irgend eine Aehnlichkeit zwischen unserer Form und der Gattung *Olcostephanus*. Nur eine Kreideform durfte den Vergleich mit den Gliedern unserer Gruppe *Per. okensis* wagen, das ist *Olcostephanus Carteroni* d'Orb., aber diese Form ist unter allen Gliedern der Gattung *Olcostephanus* eine Ausnahme, und müsste vielleicht gar nicht hierher gerechnet werden. Noch hat *Am. Kaschpuricus* eine schwache Aehnlichkeit mit den Gliedern der Gattung *Olcostephanus;* die aufgeblasene Form desselben ist unter den Gliedern der Gattung *Perisph.* eine Ausnahme; da aber *Am. Kaschpuricus* mit den flachen Species des vollkommenen Typus der *Perisphinctes* durch eine ununterbrochene Reihe von Formen verbunden ist, so halte ich es nicht für möglich, das äussere Glied der ganzen Reihe, nur wegen der aufgeblasenen Form in eine besondere Gattung überzutragen. Der Rippenbau der ganzen Reihe hat mit dem *Olcostephanus* durchaus nichts Gemeinschaftliches. Keine einzige

Form hat Rippen, die aus Nabelknötchen am Nabelrande, strahlenförmig in Büscheln auslaufen, wie an allen Species der Gattung *Olcostephanus*. An unsern Formen beginnt die Spaltung ungefähr in der Mitte der Seitenfläche und die Rippen gehen nicht strahlenförmig, aber biegen sich vorwärts, darin eine characteristische Eigenthümlichkeit der Gattung *Perisphinctes* bietend.

Die Knötchen zeigen sich an *subditus*, *nodiger* und *Kaschpuricus* nur an ausgewachsenen Umgängen, und nicht von Anfang an, wie bei allen *Olcostephanus*. Die Lobenlinie, wenn auch derjenigen der Glieder letztgenannter Gattung ähnlich, gleicht in demselben Maasse der ganzen Reihe wahrer *Perisphinctes*, wie z. B. *Per. trimerus* Opp., *suberinus* Ammon., *Moechi* Opp. einer ganzen Reihe russischer Formen aus der Gruppe *virgati*, *Lahuseni*, *Stschurowskii*, *Panderi* und vieler französischer oberjurassischer Formen, die in letzter Zeit von Loriol beschrieben worden. Weder mit *Olcost. Astierianus* noch mit *Olc. bidichotomus* sind unsere Formen der Gruppe *okensis* so vollkommen verbunden, wie mit diesen Gliedern der Gattung *Perisphinctes*.

Die Glieder der Gattung *Olcostephanus* sind beständig in der Form, in den Verzierungen auf jungen und alten Exemplaren; nur einige Uebergangsglieder, die sich noch nicht festgestellt haben, so wie *Olcost. Stanleyi* Opp., d. h. Formen, die der Stammgattung noch sehr nahe stehen, zeigen einige Ausgleichung der Rippen auf der siphonalen Seite ausgewachsener Exemplare, doch bleiben alle characteristischen Merkmale der Gattung *Olcostephanus* auch hier beständig. Die Glieder unserer Gruppe im Gegentheil, so wie alle typischen *Perisphinctes* sind mit zunehmendem Alter in allen Eigenthümlichkeiten ihres Baues starken Veränderungen unterworfen. Man könnte die Möglichkeit des Hinzurechnens unserer Gruppe zu der Gattung *Olcostephanus* begreifen, wenn dieselbe einen Uebergangsposten zwischen den typischen Repräsentanten dieser Gattung, der sie, wie wir gesehen, sehr wenig gleicht, und den typischen *Perisphinctes* einnähme; doch auch diese Annahme darf man nicht zulassen, da wir wissen, dass der in der neuen Classification angenommene Uebergang von *Perisphinctes* und *Olcostephanus* nicht durch genannte Formen geschieht.

Aspidoceras Zittel.

40. Aspid. perarmatum Sow.

Amm. perarmatus Sow. Tab. 352.
Amm. Bakeriae Quenst. Cephal. Tab. 16, fig. 8.
Amm. perarmatus d'Orb. Terr. jurass. Tab. 185, fig. 1—3.
Aspidoceras perarmatum Neum. Jahrb. d. Geol. Reichsanst. Vol. XXI. Pl. 20, fig. 1.
Am. Henleyi Rouill. Bull. d. Moscou 1846. Tab. A, fig. 7, p. 370.

Ausserordentlich characteristische Bruchstücke dieser Ammoniten habe ich in Boloba-

nowo in der Etage mit *Am. cordatus* gefunden. Der Durchschnitt ist fast viereckig mit convexer Siphonalfläche. Die Stacheln sind in der oberen Reihe stark entwickelt. Die untere Reihe ist viel schwächer, kürzer, geht auf den innern Umgängen in dicke etwas auswärts gebogene Rippen über. Die oberen Stacheln sind auch an den innern Abdrücken scharf. Auf der siphonalen Oberfläche sind Spuren bogenförmiger Rippen, die die Stacheln der entgegengesetzten Seiten verbinden und die den Bogen nach aussen richten. Die Lobenlinie ist den deutschen Musterstücken durchaus ähnlich.

Peltoceras Waagen.

41. Pelt. Arduenense d'Orb.

Amm. Arduensis d'Orb. Terr. jurass. p, 500, Pl. 187, fig. 4—7.
Amm. Arduenensis Trautsch. Ergänz. z. Fauna etc. 1876, p. 18, Tab. IV, fig. 20.

Ein kleines junges Exemplar und einige characteristische Bruchstücke der Wohnkammer dieses Ammoniten befinden sich in meiner Sammlung aus Bolobanowo und Perebor, wo sich dieselben in der Etage mit *Amalth. cordatus* befanden.

Nautilus L.

42. N. Wolgensis Nik.

Eine stark aufgeblasene Muschel, von den Seiten und der äusseren Oberfläche stark zusammengedrückt. Nach den erhaltenen Theilen der äusseren Schicht der Muschel war diese glatt, sogar ohne merkliche Anwuchsschichten; doch auf den innern Umgängen bemerkt man deutliche Längestreifen. Die Umgänge verdecken fast ganz die vorhergehenden. An den jungen Formen sieht man deutlich den geraden Nabel, der dann mit dem Wachsen der Muschel sich spiralförmig windend, auf die Oberfläche der Wohnkammer als kleine zusammengedrückte, ovale Oeffnung hervortritt.

Bei jungen Exemplaren ist die Form des Durchschnittes ein rundliches Oval, das im Nabeltheile abgerundet ist. Dann werden die Seitenflächen und die äussere Oberfläche zusammengedrückt, wodurch der Durchschnitt viereckig wird. Die Aussenfläche wird jedoch nicht ganz flach. Die breiteste Stelle des Durchschnittes kommt gegen den Gipfel des vorhergehenden Umganges zu stehen. Die ganz erhaltene Wohnkammer bietet eine fast viereckige Mündung, die so ausgebogen ist, wie an dem jetzt noch lebenden *Nautilus pompilius*.

Die Scheidewände zeigen einen gleichmässig welligen Umriss. Sie sind am Nabeltheile convex und mitten in der Seitenfläche eingedrückt, dann wieder beim Umgange auf die

Aussenfläche gewölbt, auf welcher letzteren sie von neuem eine leichte Concavität zeigen. Auf der Innenfläche der Umgänge sind die Scheidewände ein wenig eingedrückt. Der Siphon liegt etwas höher, als die Mitte des Durchschnittes. Die Lage des Siphons, die Form des Nabels und der Scheidewände, und die Figur des Durchschnittes unterscheiden *N. Wolgensis* von allen mir bekannten jurassischen Arten dieser Gattung.

Im Jaroslaw'schen Jura habe ich bei dem Dorfe Ljgowetz ein Exemplar dieser Form in der Etage mit *Steph. compressum* gefunden. Aus der entsprechenden Etage bei Elatma aber, habe ich eine ganze Serie dieser Formen; mit der monographischen Beschreibung der Fossilien dieser Gegend habe ich die Absicht auch die Abbildung von *Naut. Wolgensis* zu bringen.

Ein Exemplar wahrscheinlich von derselben Form, befindet sich in der Moskauer Universität unter den Ausgrabungen von Koprino, wo er, dem Stoffe nach zu urtheilen, in der Etage des *Am. alternans* gefunden wurde. Dieses Exemplar aber hat keine Wohnkammer und keine conservirte Muschel, weshalb es Zweifel erregen kann, obgleich alle erhaltene Merkmale es mit den guten Exemplaren aus Elatma identificiren.

Belemnites.

43. Bel. Panderianus d'Orb.

Bel. Panderianus d'Orb. Geol. d. l. Russie p. 423, Tab. 30.

Das Rostrum ist glatt, kegelförmig; im vorderen Theile breiter, nach hinten zugespitzt und gerade; von den Seiten zusammengedrückt. Der Durchschnitt ist mehr lang als breit. Von der Bauchseite zieht sich auf einer kurzen Strecke vom Gipfel an eine flache Rinne, die auf gut conservirten Exemplaren mit einer leicht zerbröckelden Kalkmasse gefüllt ist, so, dass sich an einigen Exemplaren ein ziemlich tiefer Kanal bildet, der wieder an andern durch einen schwachen Eindruck ersetzt wird, der in jedem Falle sich nur auf eine kurze Strecke vom Gipfel des Rostrums erstreckt. Längs den zusammengedrückten Seiten bemerkt man an gut erhaltenen Exemplaren die der Länge nach schwach ausgeprägte Linie. Die Oeffnung deren Höhe die Breite um Vieles übertrifft, ist ebenfalls von den Seiten eingedrückt. Die Achse ist excentrisch, geht viel näher an der Bauchseite vorbei, einen schwachen Bogen bildend, der mit der Aussenseite zur Bauchoberfläche gewandt ist. Die Alveole ist rundlich, in der Richtung zur Bauchseite etwas gebogen, nimmt gegen die Hälfte des ganzen Rostrums ein. Der Winkel des Phragmoconus ist 22°.

Der Belemnit verändert sich bedeutend mit dem Alter. In der Jugend ist er verhältnissmässig feiner und länger, dann wird er allmählich kürzer und kegelförmig. Bedeutend ist der Unterschied im Verhältniss der Länge zur Breite; die mehr oder weniger dicke konische Form der Muschel hängt davon ab, dass am hintern, spitzen Ende die concentrischen Kalkschichten aus denen das Rostrum besteht, allmählich abgerieben werden. Nur sehr sel-

ten gelingt es ein Exemplar mit unbeschädigtem Gipfel zu finden, am öftesten erscheint derselbe wie unregelmässig abgeschliffen, heruntergeschnitten, die aufeinanderfolgenden Kalkschichten entblössend. Aller Wahrscheinlichkeit nach geschah diese Zerstörung noch zu Lebzeiten des Thieres. Dafür spricht die Seltenheit von Formen die nicht durch Abschleifen der Schichten, besonders von der Bauchseite der Muschel, beschädigt sind, und die Unmöglichkeit irgend welche Ursachen aufzufinden, die nach dem Tode des Thieres diese Zerstörung der Kalkschichten ausschliesslich am Ende der Muschel bewerkstelligen könnten, dabei alle übrigen Theile derselben unversehrt lassend. So ein alter Belemnit mit abgeriebenem Ende bekommt das Ansehen eines kurzen, dicken stumpfen Kegels, der sich von den unbeschädigten Exemplaren scharf unterscheidet. Dass die kurzen und langen Exemplare eine und dieselbe Form sind, dafür bürgt ausser dem immer abgeriebenem Ende der kurzen Exemplare, eine ganze Reihe Uebergangsstadien zwischen den längsten und kürzesten Exemplaren. Die jungen Formen dieses Belemniten bestehen zuweilen aus Kalk, der auch in dem vordern Theile des Belemniten am Gipfel der Alveole leicht zerstörbar ist. Das Rostrum bekommt dann jenes merkwürdige spindelförmige Aussehen (*fusiformis*), das Prof. Müller Gelegenheit gegeben (1823 Geol. Soc. of London) aus ähnlichen Formen eine besondere Gattung *Actinocamax* zu bilden, die nach d'Orbigny's Werk (1842) und besonders nach dem von Philipps (1865) ihre Bedeutung eingebüsst hat.

Von *extensus* Trauts. und *Puzosianus* d'Orb. unterscheidet sich diese Form durch verhältnissmässig geringere Länge und bei derselben Länge durch bedeutendere Dicke. An beiden ersteren nimmt die Alveole niemals die Hälfte des ganzen Belemniten ein. *Bel. Kirghisensis* d'Orb. und *nitidus* Dolf. unterscheiden sich durch die Form des Durchschnittes. Eichwald's *Bel. curtus* ist zweifellos ein kurzer abgeriebener *Bel. Panderianus*. Die Figuren des Durchschnittes *Bel. curtus* und *Panderianus* in *Leth. rossica* sind von verschiedenen Höhepunkten des Belemniten abgebildet, weshalb dieselben auch verschieden sind.

Bemerkenswerth ist die senkrechte Verbreitung von *Bel. Panderianus* im mittelrussischen Jura. Wir treffen ihn fast ebenso oft in den Oberkellowey-Schichten, überall wo *Steph. Tschefkini* vorhanden ist, und in den Unter- und Oberoxfordschichten mit *Amalth. cordatus* und *alternans*. Endlich habe ich selbst zwei Exemplare dieses Belemniten in Mniowniki bei Moskau, in den mittleren Schichten mit *Perisph. virgatus* gefunden, und dabei so gut erhalten (einer derselben enthielt ein vollständiges *Phragmoconus*), dass von einem zufälligen Uebertragen aus den darunterliegenden Schichten auch nicht die Rede sein konnte. Jedenfalls ist er in dieser letztgenannten Etage sehr selten. Freilich bietet der Belemnit nur einen geringen, unwesentlichen Theil jenes Thieres, dem er angehörte, und man kann nicht fest behaupten, dass die unter einander ganz ähnlichen Belemniten nur Einer Thierspecies gehören; doch trotz aller meiner Bemühungen und ungeachtet einiger hunderte von Exemplaren, die zu meiner Verfügung stehen, kann ich durchaus keine einigermassen beständigen Merkmale finden, die mir die Möglichkeit gäben die Kelloway-Oxford und endlich die Kemmeridje Belemniten vom Typus *Bel. Panderianus*, von einander zu unterscheiden.

Im Jura bei Jaroslaw kommt er in Menge, vorzüglich in den Oxfordschichten vor, in den Kelloway ist er ziemlich selten. In Schumarowo z. B. trifft man ihn gar nicht.

44. Bel. extensus Trauts.

Bel. extensus Trauts. Bul. d. Moscou 1862. III. Tab. VII, fig. 4.

Ein stark verlängerter Belemnit, in der ersten Hälfte seiner Länge fast cylinderförmig, zum langgezogenen hintern Ende allmählich schmäler werdend. Von diesem Ende zieht längs der unteren Fläche eine kurze oberflächliche Furche, die sich ungefähr auf einem Drittel der ganzen Länge des Belemniten plötzlich ebnet. Die Seitenflächen sind den ganzen Belemniten entlang, etwas zusammengedrückt, wodurch auch die Form des Durchschnittes ein zusammengedrücktes Oval bietet, an dem der verticale Durchmesser länger als der horizontale ist. Die Achse ist excentrisch, liegt seitwärts in der unteren Bauchfläche. Die Alveole ist bedeutend kürzer, als die Hälfte des ganzen Belemniten und etwas gegen die untere Fläche geneigt. Sie bildet einen Winkel von 21—22°. In seiner Jugend ist dieser Belemnit besonders fein und lang, von den Seiten stark zusammengedrückt, zeigt eine kaum merkliche Furche. Es ist leicht möglich, dass der von d'Orbigny unter dem Namen *Bel. borealis* beschriebene Belemnit unsere Form im jugendlichen Alter ist. Die alten Belemniten erreichen eine beträchtliche Dicke und werden verhältnissmässig kürzer. Die Bemerkung, die ich in Bezug auf das Abschleifen des Endes an *Bel. Panderianus* gemacht habe, ist auch bei dieser Species vollkommen anwendbar. Ausserdem variirt diese Species bedeutend in Bezug auf Länge und Dicke, so, dass einige ausgewachsene Exemplare sich von der vorhergehenden Art nur mit Mühe unterscheiden lassen. Uebrigens unterscheidet er sich von jenem ausser grösserer Länge, noch durch einen ovaleren Durchschnitt, der von den Seiten weniger zusammengedrückt ist. Von *Bel. Puzosianus* d'Orb. unterscheidet sich unsere Art durch eine starke Excentricität der Achse, durch eine leichtere Furche und einen etwas grösseren Winkel 21—22°, statt 16°. *Bel. magnificus* d'Orb. ist im hinteren Theile nicht von den Seiten, sondern von oben und unten zusammengedrückt.

In senkrechter Richtung beschränkt sich, wie es scheint, das Verbreitungsgebiet dieses Belemniten auf die Ober-Kelloway-Etagen, wo er in Menge vorkommt. Mir ist es nicht vorgekommen diesen Belemniten in den Unter-Kelloway-Schichten mit *Steph. macrocephalum.*, oder in den alleruntersten Oxfordschichten zu finden.

45. Bel. subabsolutus Nik.

Bel. absolutus d'Orb. (non Fisch.) Geol. d. l. Russie p. 421. Tab. 29, fig. 1—9.

Ein Belemnit von mittlerer Grösse, länglich kegelförmig, erst langsam, dann, je näher zum hinteren Ende desto rascher sich zuspitzend und endlich in eine lange Spitze über-

gehend. Auf gut conservirten Exemplaren ist das hintere Ende mit Längerunzeln bedeckt. Auf der untern Fläche geht von der Spitze beginnend, eine anfangs schmale, dann immer breiter und breiter werdende Furche, die sich dann allmählich ausgleicht und ungefähr in der Mitte der Alveole verschwindet, wonach die untere Fläche zum vordern Ende hin sich abrundet. Die Oeffnung ist rund, kaum merklich von oben zusammengedrückt. Die Form des Durchschnittes ist, je näher zur hintern Hälfte des Belemniten desto mehr zusammengedrückt. Die Achse ist stark excentrisch, besonders im mittleren Theile des Rostrums. Die Alveole gelangt nicht ganz bis zur Mitte des Rostrums; deren Winkel — gegen 20°. Die Form verändert sich fast nicht mit dem Alter; an den jungen ist die Furche weniger tief. Die lanzettenartige Form eines sehr jungen Exemplars, die bei d'Orbigny abgebildet, ist die Folge des Abfallens der oberen Kalkschichten am vordern Theile der Muschel. Die Form wird selten über 130—140 Mm. lang.

Durch einen merkwürdigen Zufall ist bei d'Orbigny in der Beschreibung der Formen *Bel. absolutus* und *Wolgensis* eine sonderbare Confusion enstanden, aus der man gar nicht klug werden konnte, bis ich endlich auf den Einfall kam, dass unter dem Namen *Wolgensis* die echte Form *absolutus* aus der oberjurassischen Etage mit *Perisph. virgatus*, und unter dem Namen *absolutus* eine Form aus der Kelloway-Periode beschrieben worden ist, die man überall verbreitet findet, wo diese Etage sich entwickelt. Auf diese Weise muss der Name *Wolgensis*, da er einer von Fischer schon unter dem Namen *absolutus* beschriebenen Form beigelegt worden, aus den Verzeichnissen gestrichen werden. Noch merkwürdiger ist, dass d'Orbigny an einer Stelle (p. 420) sagt sein *Bel. absolutus* komme bei Moskau vor, und an einer andern (p. 422) weist er darauf hin, dass diese Form nur an der Wolga gefunden werde.

Es ist augenscheinlich, dass auch hier, wie in so vielen Fällen, die d'Orbigny zugeschickten russischen Fossilien vermischt waren.

Von echten *Bel. absolutus* Fisch. unterscheidet sich unsere Form, wie auch schon d'Orbigny sagt, dessen Worte man nur verkehrt aufnehmen muss, durch folgendeMerkmale: durch geringere Länge, eine mehr conische Form, durch eine runde Oeffnung, mehr Plattgedrücktheit der Oberfläche und eine geringere Excentricität der Achse. Doch bin ich mit d'Orbygny wegen der Grösse des Winkels der Alveole nicht einverstanden, um so mehr, da seine Zeichnung seinen Worten geradezu widerspricht; an beiden Belemniten ist dieser Winkel von derselben Grösse.

Wenn *Bel. Beaumontianus* d'Orb. mit einer unserer Formen, wie er meint, identisch ist, so ist es mit der Form *absolutus* und nicht *subabsolutus*; eine vollkommene Aehnlichkeit ist übrigens auch zwischen diesen nicht, wenn man nach der Zeichnung urtheilen soll (d'Orb. Terr. jurass. Pl. 16; fig. 7—11); die Form des Durchschnittes, der Oeffnung und der Furche scheinen mir verschieden zu sein.

Bel. Gerardii aus den Kelloway-Schichten in Indien zeichnet sich durch eine höhere Form des Durchschnittes und die cylinderartige Form des Vordertheils der Muschel aus.

Bel. subabsolutus befindet sich überall, wo Unter- oder Ober-Kelloway-Schichten in Mittelrussland entblösst sind. Er wurde beständig mit *Bel. absolutus* verwechselt, aber sorgfältigen Vergleichen ist es gelungen hier zu einer genaueren Begrenzung der Formen aus der Kelloway- und der Wolgauerschichter im Jura zu führen, als es mir in Bezug auf *Bel. Panderianus* gelungen war.

In den Unter-Oxfordschichten, wo sie von den Kelloway deutlich geschieden sind, kommt *Bel. subabsolutus* nicht mehr vor; ebenso ist es mir in dem ganzen Schichtenlager aus der Oxfordperiode nicht gelungen ein Exemplar *Bel. absolutus* zu finden, so, dass beide Belemniten für die ihnen entsprechenden Perioden sehr characteristisch sind.

46. Bel. absolutus Fisch.

Bel. absolutus Fisch. Oryct. 1837, p. 173, pl. 49, fig. 2.
Bel. Wolgensis d'Orb. Geol. d. l. Russie p. 419, Tab. 28, fig. 1—14.

Ein sehr langer Belemnit im Vordertheile fast cylinderförmig, nach hinten zu rasch schmäler werdend und in eine lange, bei ausgewachsenen Exemplaren runzelige Spitze auslaufend. Auf der unteren Fläche gut conservirter, ausgewachsener Exemplare sieht man zwei schmale Furchen der Länge nach, die bald in eine breite mehr oder weniger tiefe Furche übergehen, die sich ausgleicht und gegenüber der Mitte der Alveole verschwindet. Die Oeffnung, von allen vier Seiten zusammengedrückt, bildet fast ein Viereck mit abgerundeten Rändern. Die Form des Durchschnittes vom Gipfel der Alveole beginnend, rundet sich allmählich ab und wird immer niedriger und niedriger. Dicht an der Spitze erhebt sie sich wieder ein wenig und wird fast rund. Die Achse ist stark excentrisch; ungefähr in der Mitte des Belemniten erreicht sie fast die äussere Oberfläche der Furche, worauf sie sich von neuem etwas hebt. Die Alveole ist mit dem hintern Ende stark nach unten geneigt, nimmt weniger als $^1/_3$ der Länge des Rostrums ein. Ihr Winkel misst 20°.

Der Belemnit verändert sich fast nicht mit dem Alter. Die Schichten längs der unteren Furche der Muschel verwischen sich sehr leicht und fallen ab, wodurch Form und Tiefe der Furche sehr unbeständig wird. Jedenfalls ist die schmale Furchenform, die bei d'Orb. Fig. 1 dargestellt ist, eine selten vorkommende Ausnahmeform. Viel öfter behält dieselbe auch an ausgewachsenen Exemplaren die Form Fig. 9.

Das Verhältniss dieses Belemniten zu den Belemniten *subabsolutus* und *Beaumontianus* ist früher oben gezeigt.

Befindet sich in der ganzen Schicht mit *Perisph. virgatus* sehr häufig. Im Jura bei Jaroslaw, wo diese Etage aus eisenschüssigem Sandstein besteht, kommen nur äussere Abdrücke vor. Diese Abdrücke mit Gyps ausfüllend erhielt ich genaue Modelle dieser Form, und konnte mir ihre Identität mit gut conservirten Musterstücken des Moskauer Jura beweisen.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. I.

Fig. 1. *Amalth. Lamberti* Sow. Selichowo[1]).
Fig. 2. Lobenlinie eines Exemplars von *Amalth. Lamberti* vom Gouv. Simbirsk. Moskauer Univers.
Fig. 3. Desgleichen eines Exemplars aus Frankreich. Moskauer Univers.
Fig. 4—6. *Amalth. Leachi* Sow. in verschiedenen Stadien der Entwickelung. Selichowo. Die Rippen bei der flachen Ansicht Fig. 5 müssten auf der rechten Seite etwas gekrümmter gezeichnet sein. Fig. 6 stellt uns eine fast vollständige Wohnkammer dar.
Fig. 7. Lobenlinie eines Exemplars von *Amalth. Leachi* von Bolobanowo.
Fig. 8. *Amalth. Rybinskianus* Nik. Selichowo.
Fig. 9. Lobenlinie desselben.
Fig. 10. Lobenlinie eines Exemplars von *Amalth. Mologae* Nik. Selichowo.
Fig. 11—12. *Amalth. Mologae*. Nik. Selichowo. Fig. 12. Exemplar mit nahezu vollständig erhaltener Wohnkammer.

Tab. II.

Fig. 13. Jugendform von *Amalth. excavatus* Sow. Selichowo. Moskauer Univers.
Fig. 14, 15. Lobenzeichnungen eines grossen Exemplars von *Amalth. excavatus* von Selichowo.
Fig. 16. *Amalth. rotundatus*. Nik. Selichowo.
Fig. 17. *Amalth. Rouilleri* Nik. Rjasansche Gouv. Copie nach Rouiller Bull. d. Natur. Mosc. Tab. A. fig. 5.
Fig. 18. *Amalth. vertebralis* Sow. Exemplare vom Gouvern. Moskau. Mosk. Univers.
Fig. 19. *Amalth. tenuicostatus* Nik. Bolobanowo
Fig, 20. *Amalth. quadratoides* Nik. Bolobanowo.

Tab. III.

Fig. 21—23. *Stephan. Tschefkini* d'Orb. Bolobanowo-Schumarowo. In verschiedenen Stadien der Entwickelung. Die Rippen der Fig. 22 müssten etwas feiner gezeichnet sein. Fig. 21 Exemplar mit nahezu vollständiger Wohnkammer.
Fig. 24. Lobenlinie eines grossen Exemplars von *Amalth. Tschefkini*. Schumarowo.
Fig. 25. *Stephan. Milaschevici* Nik. Bolobanowo.
Fig. 26, 27. *Stephan. compressum* Nik. Bolobanowo.

Tab. IV.

Fig. 28. *Cosmoc. Jason* Rein. Exemplar mit dem Anfange der Wohnkammer aus Bolobanowo.
Fig. 29, 30. Lobenlinie desselben.
Fig. 31. *Cosm. Gulielmii* Sow. Bolobanowo.
Fig. 32. *Cosm. Castor* Rein. Bolobanowo.
Fig. 33. *Cosm. Duncani* Sow. Selichowo.
Fig. 34. *Cosm. ornatum* Schloth. Selichowo. Moskauer Univers. Exemplar mit nahezu vollständiger Wohnkammer.
Fig. 35. *Cosm. transitionis* Nik. Selichowo.
Fig. 36. *Cosm. Pollux*. Rein. Selichowo.
Fig. 37. Lobenlinie eines Exemplars von *Cosm. Pollux*.

1) Alle Originalien befinden sich in meiner Sammlung, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist.

Tab. V.

Fig. 38. Fragmente eines grossen Exemplars von *Perisph. Bolobanowi* Nik. Bolobanowo. Rechts Siphonalansicht der mittleren Windung.
Fig. 39. Lobenlinie desselben.
Fig. 40. *Amalth. Bauhini* Opp. Koprino.
Fig. 41. *Perisph. stephanoides* Opp. Koprino.
Fig. 42. *Perisph. Fraasiiformis* Nik. Koprino.
Fig. 43. Lobenlinie desselben.
Fig. 44. Fragmente eines grossen Exemplars von *Perisph. Martelli* Opp. Koprino.

Tab. VI.

Fig. 45. *Neumayria subfulgens* Nik. Exemplare mit vollständiger Wohnkammer von Kamenik.
Fig. 46. Idem. Aelteres Exemplar mit nahezu vollständiger Wohnkammer von Kamenik.
Fig. 47. Lobenlinien desselben.
Fig. 48. *Neum. fulgens.* Trauts. Ein grosses Exemplar mit nahezu vollständiger Wohnkammer von Kamenik.
Fig. 49, Idem. Ein junges Exemplar mit vollkommener Wohnkammer. Kamenik.
Fig. 50. *Perisph. Lahuseni* Nik. Glebowo.
Fig. 51. Lobenlinie desselben.
Fig. 52. *Perisph. bipliciformis* Nik. Glebowo.
Fig. 61. *Perisph. fragilis* Trauts. Kamenik.

Tab. VII.

Fig. 53—55. *Perisph. Stschurowskii* Nik. in verschiedenen Stadien der Entwickelung von Glebowo. Die Rippen im Umbo der grossen Exemplare müssten etwas compacter gezeichnet sein. Fig. 55 stellt uns ein grosses Exemplar zwei Mal verkleinert vor.
Fig. 56. Lobenlinie desselben.
Fig. 57. Jugendindividuum von *Perisph. Okensis* d'Orb. von Kamenik. Das Exemplar hat eine vollkommene Wohnkammer. Die Rippen müssten etwas schwächer gezeichnet sein.
Fig. 58. Grosses Exemplar desselben mit nahezu vollständig erhaltener Wohnkammer. Kamenik.
Fig. 59. Lobenlinie desselben.
Fig. 60. *Perisph. subditoides.* Nik. Kamenik. Exemplare mit vollständiger Wohnkammer.

Berichtigung.

Wo in dem ersten Bogen *Amalth. fulgens* und *Amalth. subfulgens* steht, ist zu lesen *Neumayria fulgens* und *N. subfulgens.*

Рис. Е. Овсянйковъ.

Печ. въ Лит. Ивансона. Петерб. с.п. больш. Просп. № 1. СПБ.

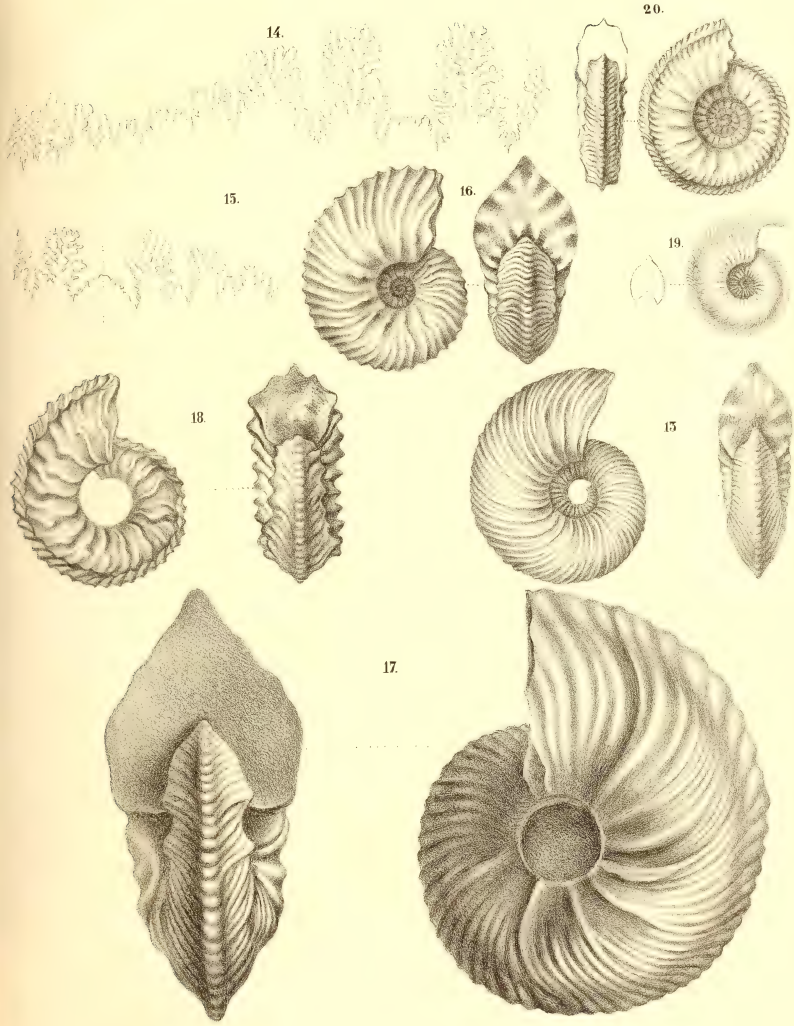


Рис. Е. Писаржевск.

Печ. въ Лит. Ивансона. Петерб. ст. больш. Пр. №1. С.-П.Б.

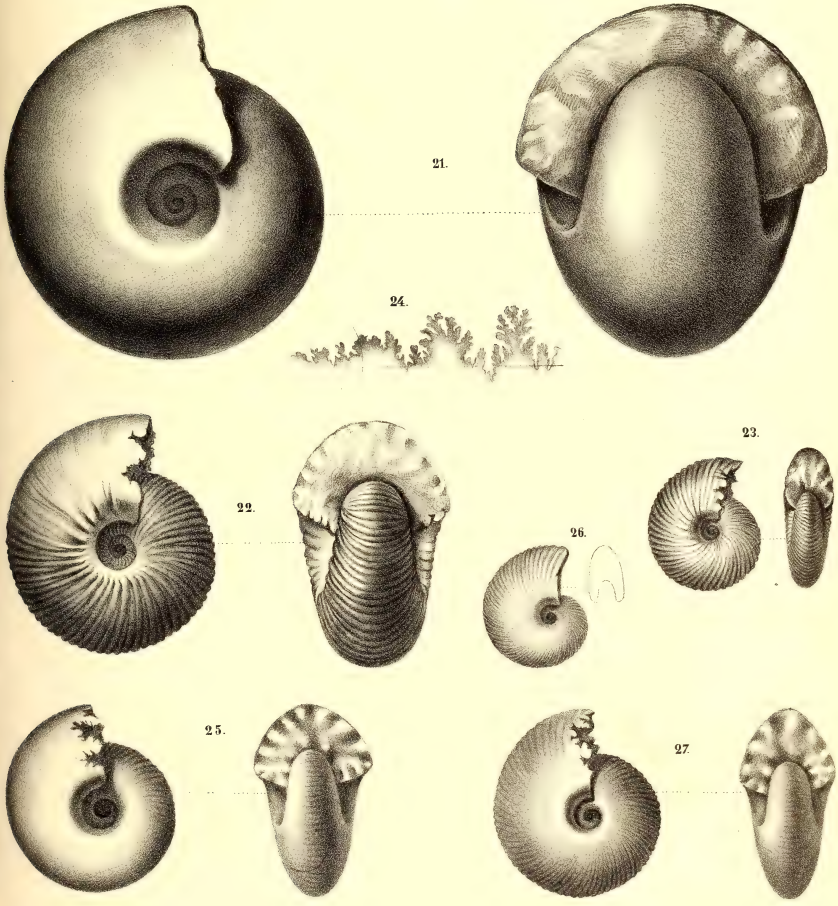


Рис. Е. Овсянникова.

Печ. въ Лит. Кузнецова. Петерб. ст. Больш. Просп. № 1. С.П.Б.

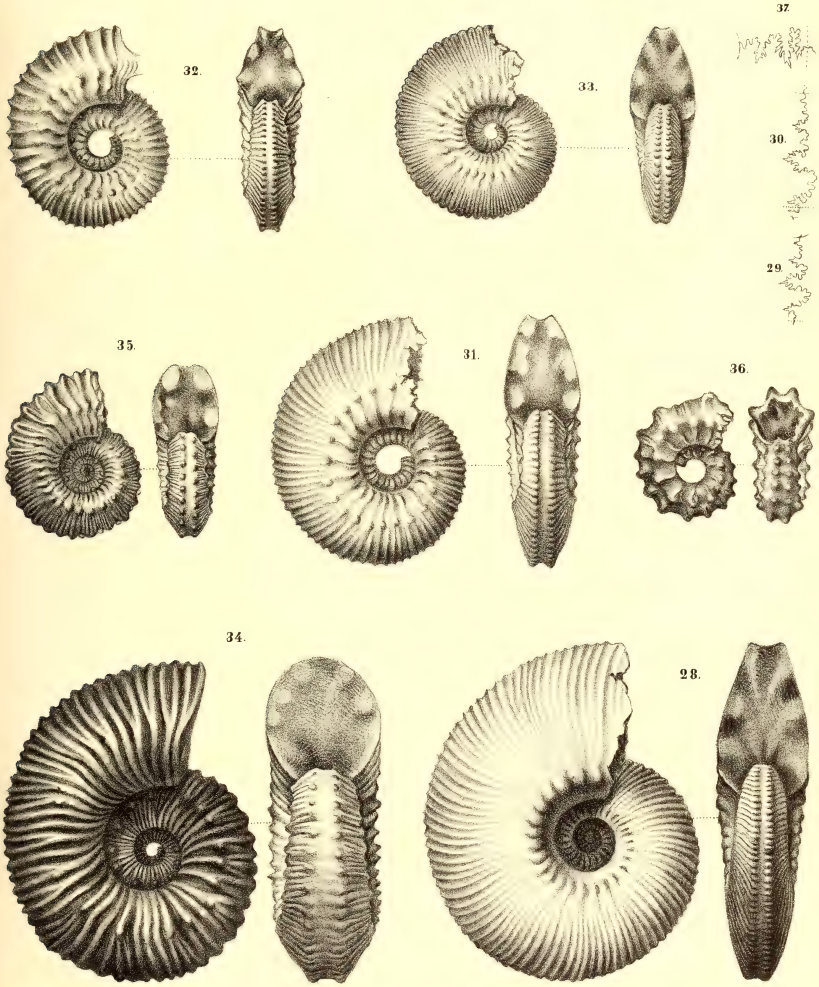
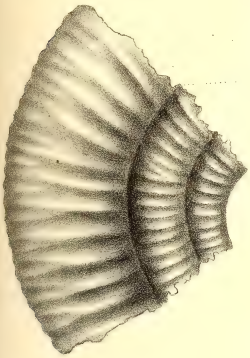


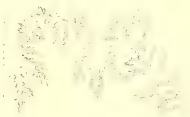
Рис. Е. Овсянникова.

Печ. въ Лит. Иванисова. Петерб. ст. больш. Просп. № 1. С.П.Б.

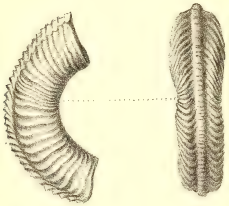
38.



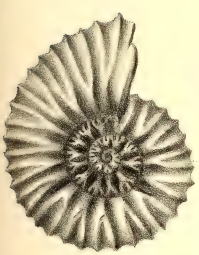
30.



40.

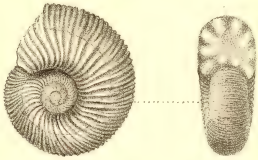


41.



42.

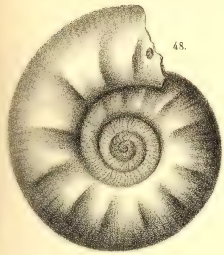
44.

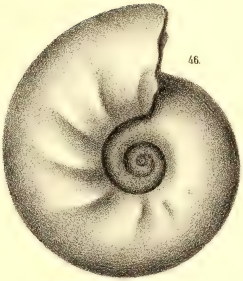


43.

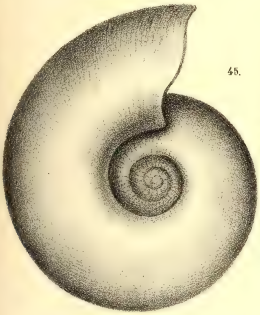
Рис. К. Пасхенкова.

Печ. въ Лит. Ивансона. Петерб. ст. больш. Просп. № 1. СПБ.


48.

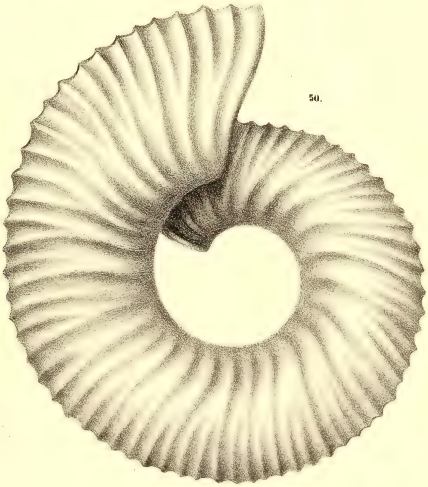

46.

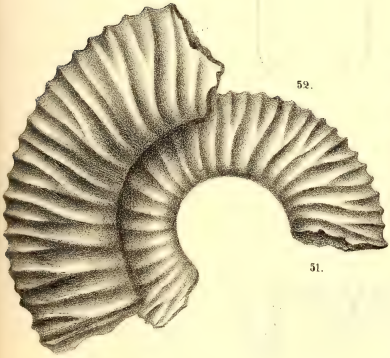
61.


45.

49.

42.

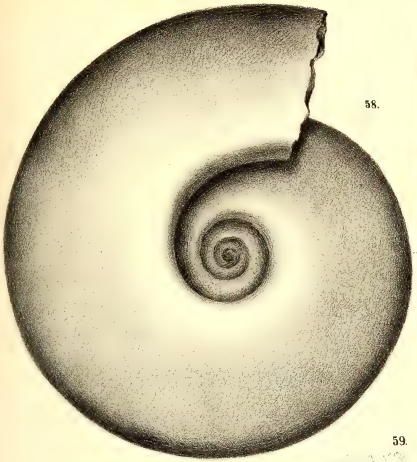

50.


52.

51.

Рис. Юбельмессеръ.

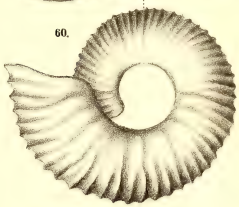
Печать Лит. Иванисова. Петерб. отделен. Больш. Просп. № 61. СПБ.



58.

59.

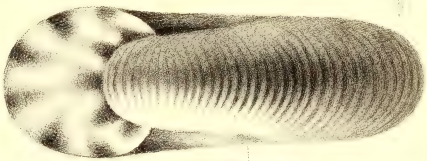
60.



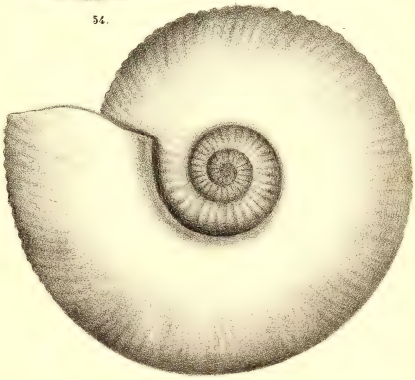
57

56.

55.



54.



1/2

53.

Рис. В. Свистовскій.

Печ. въ Лит. Изданіяхъ Печерб. стороны Больш. Просп. №1. СПБ.

Ouvrages géologiques et paléontologiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale de Sciences:

T. II, № 7. **Grünewaldt, M. v.** Beiträge zur Kenntniss der sedimentären Gebirgsformationen in den Berghauptmannschaften Jekaterinenburg, Slatoust und Kuschwa, sowie den angrenzenden Gegenden des Ural. 1860. Mit 6 lith. Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. III, № 6. **Helmersen, G. v.** Das Olonezer Bergrevier geologisch untersucht in den Jahren 1856, 1857, 1858 und 1859. 1860. Mit 1 Karte. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Helmersen, G. v.** Die in Angriff genommenen Steinkohlenlager des Gouvernements Tula. 1860 Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. IV, № 10. **Abich, H.** Sur la structure et la géologie du Daghestan. 1862. Avec 2 pl. lith. sur une feuille, et 2 dessins dans le texte. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 2. **Volborth, A. v.** Ueber die mit glatten Rumpfgliedern versehenen russischen Trilobiten, nebst einem Anhange über die Bewegungsorgane und über das Herz derselben. 1863. Mit 4 lith. Taf. Pr. 80 K = 2 Mk. 70 Pf.

№ 5. **Abich, H.** Ueber eine im Caspischen Meere erschienene Insel nebst Beiträgen zur Kenntniss der Schlammvulkane der Caspischen Region. 1863. Mit 4 lith. Taf. Pr. 1 R. 80 K. = 6 Mk.

T. VIII, № 9. **Volborth, A. v.** Ueber einige neue Ehstländische Illaenen. 1864. Mit 2 lith. Taf. Pr. 35 K. = 1 Mrk. 20 Pf.

№ 11. **Struve, H.** Die artesischen Wasser und untersilurischen Thone zu St. Petersburg, eine chemisch-geologische Untersuchung. 1865. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IX, № 4. **Abich, H.** Einleitende Grundzüge der Geologie der Halbinseln Kertsch und Taman. Mit 3 lith. Taf. 1865. Pr. 1 R. 80 K. = 4 Mk. 40 Pf.

T. XI, № 12. **Helmersen, G. v.** Das Vorkommen und die Entstehung der Riesenkessel in Finnland. 1867. Mit 3 lith. Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XIV, № 7. **Helmersen, G. v.** Studien über die Wanderblöcke und die Diluvialgebilde Russlands. 1869. Mit 10 lith. Taf. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 2. **Volborth, A. v** Ueber Achradocystites und Cystoblastus, zwei neue Crinoideen-Gattungen, eingeleitet durch kritische Betrachtungen über die Organe der Cystideen. 1870. Mit 1 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 11. **Brandt, A.** Ueber fossile Medusen. 1871. Mit 2 Taf. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. XVIII, № 1. **Schmidt, Fr.** Wissenschaftliche Resultate der zur Aufsuchung eines angekündigten Mammuthcadavers von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften an den unteren Jenissei ausgesandten Expedition. 1872. Mit 1 Karte und 5 lith. Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. XIX, № 3. **Schmidt, F.** Ueber die Petrefacten der Kreideformation von der Insel Sachalin. 1873. Mit 8 Taf. Abbildungen. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf

T. XXI, № 2. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. I. Ueber die russischen silurischen Leperditien, mit Hinzuziehung einiger Arten aus den Nachbarländern. 1873. Mit 1 Taf. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 11. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. II. Ueber einige neue und wenig bekannte baltisch-silurische Petrefacten. 1874 Mit 4 Taf. Abbildungen. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXII, № 12. **Heer, O.** Beiträge zur Jura-Flora Ostsibiriens und des Amurlandes. 1876. Mit 31 Taf. Pr. 5 R. 50 K. = 18 Mk. 30 Pf.

T. XXIV, № 8. **Pahlen, A. v. d.** Monographie der baltisch-silurischen Arten der Brachiopoden-Gattung Orthisina. 1877. Avec 4 pl. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T XXV, № 6. **Heer, O.** Beiträge zur fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 7. **Heer, O.** Primitiae florae fossilis Sachalinensis. — Miocäne Flora der Insel Sachalin. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 9. **Möller, V. v.** Die spiral-gewundenen Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1878. Avec 15 pl. Pr. 2 R. 50 K. = 8 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 4. **Schmalhausen, J.** Beiträge zur Jura-Flora Russlands. 1879. Avec 16 pl. Pr. 2 R. 20 K. = 7 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Möller, V. v.** Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1879. Avec 7 pl. Pr. 1 R. 70 K = 5 Mk. 70 Pf.

№ 10. **Heer, Prof. Dr. Oswald.** Nachträge zur Jura-Flora Sibiriens, gegründet auf die von Herrn Richard Maak in Ust-Balei gesammelten Pflanzen. 1880. Mit 9 Taf. Pr. 1 R. 80 K. = 4 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 6.

ZUR THEORIE
DES
ENCKE'SCHEN COMETEN

VON

O. BACKLUND.

(Lu le 2 Septembre 1880.)

111926
DEC 6 1881

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 6.

ZUR THEORIE
DES
ENCKE'SCHEN COMETEN

VON

O. BACKLUND.

(*Lu le 2 Septembre 1880.*)

ST.-PETERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mai 1881. C. Vesséłofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

I.

Die vorliegende Arbeit schliesst sich eng an die v. Asten'sche Abhandlung über die absoluten Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen an. Es sind hier die allgemeinen Ausdrücke der Störungen erster Ordnung der sogenannten Hansen'schen Elemente, der mittleren Anomalie, des Logarithmus des Radius Vectors und des Sinus der Breite ermittelt für denjenigen Theil der Cometenbahn, welcher von den wahren Anomalien $f = 180^\circ$ und $f = 190^\circ$ eingeschlossen wird, so weit diese Ermittelung möglich ist ohne Kenntniss der entsprechenden Ausdrücke für die übrigen Theile der Bahn. Da Asten's Rechnungen sich auf denjenigen Theil der Cometenbahn beziehen, welcher zwischen $f = 170^\circ$ und $f = 180^\circ$ liegt, so kann man wohl jetzt die Hauptschwierigkeit bei der Ableitung der absoluten Jupiterstörungen als bewältigt ansehen, denn in den übrigen Theilen der Bahn weilt der Comet stets in grösserer Entfernung vom Jupiter.

Der Grund, warum ich diese Arbeit veröffentliche, ehe sämmtliche Jupiterstörungen berechnet sind, ist vorwiegend theoretischer Natur. Die Methode, die ich bei der Entwickelung der Haupttheile der Störungsfunction und deren Differentialquotienten angewandt habe, ist nämlich wesentlich von derjenigen verschieden, welcher Asten sich bediente.

Bekanntlich hat auch Asten seine betreffenden Rechnungen nach Gyldén's Methode ausgeführt und zwar entwickelt er nach dessen älteren Vorschriften die Haupttheile der Störungsfunction. Er substituirte also schon in dem Ausdruck für $(\Delta)^2$, das Quadrat der Entfernung der beiden Himmelskörper, das elliptische Integral für c'. Dadurch wurden — was ja auch das Hauptziel der Gyldén'schen Methode ist — die Entwickelungen der negativen Potenzen von (Δ) oder vielmehr von $(1 + x \operatorname{Cos} \xi + y \operatorname{Sin} \xi)^{\frac{1}{2}} (\Delta)$ sehr convergent. Für die Herstellung der Differentialausdrücke der Störungen hat man aber auch die Producte aus den negativen Potenzen von (Δ) in andere Grössen, welche Functionen der Coordinaten des störenden Körpers sind, nöthig. Die Einführung des elliptischen Integrales anstatt c' verringert die Convergenz dieser Grössen, und in Folge dessen wird auch die Bildung der genannten Pro-

ducte sehr mühsam. Selbstverständlich müssen überall in der Bahn die Endresultate nach demselben Argument in Bezug auf den störenden Körper angegeben werden, so lange die Partition nur bezüglich des gestörten Körpers stattgefunden hat. Das hindert aber nicht, dass in den vorhergehenden Entwickelungen verschiedene andere Argumente benutzt werden können; diese müssen jedoch so gewählt werden, dass nicht nur die Entwickelungen einfacher werden, sondern auch dass der Uebergang zu dem für die Endresultate festgesetzten Argumente ohne Schwierigkeit geschehen kann.

In einigen Aufsätzen in den «Comptes Rendus» und in Liouville's «Journal de Mathématiques», aber vor allem in seiner an eleganten Formeln und Entwickelungen reichhaltigen Arbeit: «Recueils de Tables» setzt Gyldén auseinander, wie man die ersten Entwickelungen nach Functionen des elliptischen Integrals — nach elliptischen Functionen oder Verbindungen elliptischer Functionen — bewerkstelligen, und dann diese Entwickelungen in andere mit dem elliptischen Integrale als Argument verwandeln soll. Es wird zunächst nöthig sein, an die Hauptmomente dieser Auseinandersetzung zu erinnern.

Es lässt sich das Quadrat der Entfernung des Cometen vom Planeten in folgender Weise ausdrücken:

$$(\Delta)^2 = M'_0 + M'_1 \operatorname{Cos} c' + M'_2 \operatorname{Cos} 2c' + \ldots . \\ + N'_1 \operatorname{Sin} c' + N'_2 \operatorname{Sin} 2c' + \ldots .$$

wo c' die mittlere Anomalie des Planeten zu gewissen durch endliche Intervalle getrennten Zeiten ist. M'_0, M'_1, M'_2.... und N'_1, N'_2.... sind Functionen der Coordinaten des Cometen. Im Folgenden wird aber vorausgesetzt, dass sie numerische Coefficienten sind, was immer der Fall ist, wenn die Entwickelungen nach der partiellen Anomalie des Cometen mit Hülfe der mechanischen Quadratur ausgeführt werden. M'_2 und N'_2 sind von der ersten Ordnung, M'_3 und N'_3 von der zweiten u. s. w. in Bezug auf die Excentricität des störenden Planeten. Anstatt c' wird nun $\xi + F$ eingeführt — F ist eine Constante — und die daraus resultirende Gleichung wird dann mit

$$1 + x \operatorname{Cos} \xi + y \operatorname{Sin} \xi$$

multiplicirt. x und y sollen dabei so bestimmt werden, dass die Glieder in 2ξ verschwinden. Es wird also

$$(1 + x \operatorname{Cos} \xi + y \operatorname{Sin} \xi)(\Delta)^2 = M_0 + M_1 \operatorname{Cos} \xi + M_3 \operatorname{Cos} 3\xi + \ldots . \\ + N_1 \operatorname{Sin} \xi + N_3 \operatorname{Sin} 3\xi + \ldots .$$

Wenn man nun

$$T_1 = M_0 + M_1 \operatorname{Cos} \xi + N_3 \operatorname{Sin} \xi$$

und

$$T_2 = M_3 \operatorname{Cos} 3\xi + M_4 \operatorname{Cos} 4\xi + \ldots . \\ + N_3 \operatorname{Sin} 3\xi + N_4 \operatorname{Sin} 4\xi + \ldots .$$

setzt, so wird

$$(1 + x\cos\xi + y\sin\xi)(\Delta)^2 = T_1 + T_2$$

In der Entwickelung

$$(\Delta)^{-n} = (1 + x\cos\xi + y\sin\xi)^{\frac{n}{2}}\left\{T_1^{-\frac{n}{2}} - \frac{n}{2}T_1^{-\frac{n+2}{2}}T_2 + \frac{n(n+2)}{2.4}T_1^{-\frac{n+4}{2}}T_2^2 - \ldots\right\}$$

wo n eine ganze ungerade Zahl ist, kann man im Allgemeinen höhere Potenzen von T_2 als die zweite unberücksichtigt lassen, da T_2 von der zweiten Ordnung der Excentricität ist. Nach der Art, wie x und y bestimmt sind, ersieht man sogleich, dass diese Grössen von der ersten Ordnung sind. Die Entwickelung der Potenzen von

$$(1 + x\cos\xi + y\sin\xi)^{\frac{1}{2}}$$

und von T_2 nach den Vielfachen von ξ bietet also keine Schwierigkeiten. Anders verhält es sich mit den negativen Potenzen von T_1. Wenn nämlich M_0 und M_1 wenig von einander verschieden sind, wenn also das Verhältniss $\frac{M_1}{M_0}$ nahe gleich Eins ist, so wird die Reihe von $T_1^{-\frac{n}{2}}$ nach den Vielfachen von ξ nur sehr schwach convergiren, und in gewissen Fällen, wo der Comet und Planet einander nahe kommen können, wird eine derartige Entwickelung sogar practisch unausführbar. Diese Schwierigkeit wird von Gyldén dadurch beseitigt, dass er anstatt ξ ein anderes Argument einführt.

Setzt man

$$\frac{M_1}{M_0} = \Phi\ \cos\Lambda$$

$$\frac{N_1}{M_0} = -\Phi\sin\Lambda$$

so wird

$$T_1 = M_0\{1 + \Phi\cos(\xi + \Lambda)\}$$

Gyldén's bekannte Substitution besteht nun darin, dass für ξ ein elliptisches Integral eingeführt wird durch die Gleichung

$$\xi = 2am\frac{2K}{\pi}x\ (\mathrm{mod.}\ k)$$

wo K, wie gewöhnlich, das vollständige elliptische Integral erster Gattung bedeutet. Diese Substitution bildet die Grundlage von Gyldén's schöner Theorie.

Der Ausdruck für T_1 wird dann

$$T_1 = M_0\left\{1 + \Phi\cos\left(2\,am\frac{2K}{\pi}x + \Lambda\right)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ \text{I}$$

Es ist

$$\operatorname{Cos} 2\,am\frac{2k}{\pi}x = \frac{2}{k^2}\left(\Delta\,am\frac{2K}{\pi}x\right)^2 - \frac{2-k^2}{k^2}$$

Mit Hülfe dieser Relation kann man schreiben

$$T_1 = M_0 k'(1 - k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2$$
$$\left\{1 + \frac{2}{k^2}\frac{\Phi\operatorname{Cos}\Lambda(1+k_1^2)-2k_1}{(1+k_1)^2(1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)} - \frac{2}{k^2}\frac{\Phi\operatorname{Cos}\Lambda\,(1+k_1^2)-2k_1}{k'(1+k_1)^2(1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda}\left(\frac{k^1}{\Delta}\right)^2 - \frac{\Phi\operatorname{Sin}\Lambda}{1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda}\frac{k'}{\Delta}\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\right\}$$

Der Kürze wegen wird Δ anstatt $\Delta\,am\frac{2K}{\pi}x$ geschrieben. Eine Verwechslung mit der Bezeichnung der Entfernung der Himmelskörper kann nicht stattfinden, da diese immer mit (Δ) bezeichnet werden wird. Ferner bedeutet k' den complementären Modulus von k, und k_1 den transformirten Modulus, der also mit k durch

$$k^2 = \frac{4k_1}{(1+k_1)^2}$$

verbunden ist, und mit k' durch

$$k' = \frac{1-k_1}{1+k_1}$$

Wird nun gesetzt

$$\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1 = \frac{\Phi\operatorname{Cos}\Lambda - k_1}{1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda}$$
$$\Phi_1\operatorname{Sin}\Lambda_1 = \frac{\sqrt{1-k_1^2}\,\Phi\operatorname{Sin}\Lambda}{1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda}$$

so geht folgender Ausdruck hervor:

$$T_1 = M_0 k'(1 - k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2$$
$$\left\{1 + \frac{2}{k^2}\frac{\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1 - k_1}{(1+k_1)^2} - \frac{2}{k^2}\frac{\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1 - k_1}{k'(1+k_1)^2}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 - \frac{\Phi_1\operatorname{Sin}\Lambda}{\sqrt{1-k_1^2}}\frac{k'}{\Delta}\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\right\} \quad \text{II}$$

Diese Formel findet man in der Einleitung zu den «Recueils de Tables». Durch dieselbe kann man unter gewissen Umständen folgende Entwickelung mit Vortheil herstellen:

$$T_1^{-\frac{n}{2}} = \sum \mu_{2i}{}^{(n)}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2i+1} + \frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\sum \nu_{2i}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2i}$$

Wird das dem Modulus k_1 zugehörige vollständige Integral mit K_1 bezeichnet, und

$$am\frac{2K_1}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - 2x\right) = \psi$$

gesetzt, so kann man mit Hülfe der Anfangsgründe der elliptischen Functionen leicht beweisen, dass die Gleichungen

$$\frac{k'}{\Delta} = k' \frac{1 - k_1 \operatorname{Sin} \psi}{1 + k_1 \operatorname{Sin} \psi}$$

$$\operatorname{Sin} \xi = \frac{\sqrt{1 - k^2_1} \operatorname{Cos} \psi}{1 - k_1 \operatorname{Sin} \psi}$$

bestehen müssen. Führen wir diese Ausdrücke in II ein, so resultirt zunächst

$$T_1 = M_0 (1 - k_1 \Phi \operatorname{Cos} \Lambda) \frac{1 + k_1 \operatorname{Sin} \psi}{1 - k_1 \operatorname{Sin} \psi} \left\{ 1 + \frac{(\Phi_1 \operatorname{Cos} \Lambda_1 - k_1) \operatorname{Sin} \psi - \Phi_1 \operatorname{Sin} \Lambda_1 \operatorname{Cos} \psi}{1 + k_1 \operatorname{Sin} \psi} \right\}$$

und daraus nach einer leichten Reduction folgende, ebenfalls in der genannten Einleitung gegebene Formel:

$$T_1 = M_0 \frac{1 - k_1 \Phi \operatorname{Cos} \Lambda}{1 - k_1 \operatorname{Sin} \psi} \left\{ 1 + \Phi_1 \operatorname{Sin} (\psi - \Lambda_1) \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III}$$

Man hätte diese Formel auch unmittelbar aus I ableiten können, und dann III aus II. Da zufolge der Definition von Φ_1 diese Grösse nothwendig kleiner ist als Φ, so lassen sich die negativen Potenzen der Grösse innerhalb der Klammer nach den Vielfachen von ψ mit Vortheil entwickeln. Es wird

$$T_1^{-\frac{n}{2}} = (1 - k_1 \operatorname{Sin} \psi)^{\frac{n}{2}} \left\{ L^{(n)}_{c,0} + L^{(n)}_{c,1} \operatorname{Cos} \psi + L^{(n)}_{c,2} \operatorname{Cos} 2\psi + \ldots . \right.$$
$$\left. + L^{(n)}_{s,1} \operatorname{Sin} \psi + L^{(n)}_{s,2} \operatorname{Sin} 2\psi + \ldots . \right\}$$

Es können auch mehrere andere Formen für T_1 aufgestellt werden. In der Einleitung zu den «Recueil de Tables» gibt Gyldén noch zwei Formen, welche in Bezug auf ihre Entwickelbarkeit in Reihen genau denselben Bedingungen unterliegen wie II. Da sie im Folgenden keine Verwendung finden, so wird es überflüssig sein, sie hier anzuführen.

Da meine Rechnungen sich an diejenigen Asten's anschliessen sollen, so stand mir natürlicherweise die Wahl des Modulus nicht mehr frei. Dieser ist also derselbe, welchen Gyldén schon in seiner ersten Abhandlung über die Anwendung der Theorie der elliptischen Functionen auf die Störungstheorie angenommen hat, und der seinen Tafeln zu Grunde gelegt ist, nämlich:

$$\log k = 9{,}99736685.$$

Die Zweckmässigkeit dieser Wahl hat sich in Bezug auf den Encke'schen Cometen gut bewährt, nicht nur für die Jupiterstörungen, sondern auch für die Erdstörungen.

Die Anwendbarkeit der Formel II hängt nun wesentlich von der Grösse $\Phi_1 \operatorname{Cos} \Lambda_1 - k_1$ ab, denn bei der Einführung von ξ durch

$$c' = \xi + F$$

wird es vortheilhaft sein, F so zu bestimmen, dass die Sinus-Glieder möglichst klein werden, namentlich in der Nähe der Minima von (Δ). Λ_1 ist also in der Nähe dieser Minima ein

kleiner Winkel, der langsam variirt; $\Phi_1 \operatorname{Sin} \Lambda_1$ wird deshalb meistentheils eine so kleine Grösse sein, dass daraus keinerlei Schwierigkeiten entstehen für die Entwickelung der negativen Potenzen von T_1. In Folge des angenommenen Werthes von k kann aber $\Phi_1 \operatorname{Cos} \Lambda_1 - k_1$ nie in grossen Entfernungen des Cometen vom Planeten hinreichend klein werden, um die Formel II anwendbar zu machen. Wenn mehr als 17 Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ berücksichtigt werden müssen, so hört sie überhaupt auf, mit Erfolg anwendbar zu sein. In den Minima von (Δ) und deren Nähe ist aus denselben Gründen $\Phi_1 \operatorname{Cos} \Lambda_1 - k_1$ eine kleine Grösse, und in der That kann in solchen Fällen bei den Jupiterstörungen $T_1^{-\frac{n}{2}}$ in rasch convergirende Reihen entwickelt werden.

Von grösserer Wichtigkeit ist die Formel III, denn sie ist immer anwendbar, wo überhaupt davon die Rede sein kann, absolute Störungen zu berechnen. Dass sie in ihrer Anwendung schwieriger wird bei grossen und kleinen Entfernungen der beiden Körper, als bei mittleren, ersieht man sofort aus der Definition von Φ_1.

Die angedeuteten Entwickelungen, sei es nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$, wenn dies zweckmässig ist, sei es in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen von ψ, lassen sich immer leicht ausführen. Hat man nun $T_1^{-\frac{n}{2}}$ in der einen oder anderen Weise entwickelt, so könnte man mittelst Gyldén's Tafeln das Argument x einführen und, nachdem die Factoren dieser Grösse ebenfalls durch dasselbe Argument ausgedrückt sind, $(\Delta)^{-n}$ nach gehörigen Multiplicationen durch trigonometrische Reihen nach dem Argumente x darstellen. Abgesehen davon, dass dieser Weg gewiss nicht der einfachste ist, würde er zu denselben Operationen bei der Bildung der Producte $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f$ führen, welche nach Asten's Erfahrungen besonders mühsam sind, und es waren gerade diese Operationen, die vermieden werden sollten. In der Einleitung zu den «Recueils de Tables» wird folgende Methode angegeben. Bei der Ableitung von $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ *) müssen die $T^{-\frac{n}{2}}$ mit Reihen von der Form

$$a_0 + a_1 \operatorname{Cos} \xi + a_2 \operatorname{Cos} 2\xi + \ldots .$$
$$+ b_1 \operatorname{Sin} \xi + b_2 \operatorname{Sin} 2\xi + \ldots .$$

multiplicirt werden. Das Resultat muss also, wenn die $T_1^{-\frac{n}{2}}$ nach den steigenden Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ entwickelt worden sind, aus einem Aggregat von Gliedern bestehen, deren allgemeine Form ist

$$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2s+1} \operatorname{Cos} i\xi, \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2s+1} \operatorname{Sin} i\xi, \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2s} \frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta} \operatorname{Cos} i\xi, \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2s} \frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta} \operatorname{Sin} i\xi$$

*) Ich werde im Folgenden immer $(\Delta)^{-3}$ in den Formeln anwenden, da in den Störungsausdrücken erster Ordnung nur diese Potenz von (Δ) vorkommt.

Mit Hülfe der Gyldén'schen Tafeln erhält man dann die Grössen $(\Delta)^{-3}, (\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ als trigonometrische Reihen nach den Vielfachen von x. In dieser Weise werden aber die Vortheile, welche die Form II gestattet, bei den Entwickelungen von $T_1^{-\frac{n}{2}}$ nicht verwerthet; wenn nämlich beispielsweise $T^{-\frac{3}{2}}$ 16 Glieder enthält, so wird $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ mehr als hundert der angeführten Art enthalten; und es entsteht also factisch eine sehr schwach convergirende Reihe. Der grösste Nachtheil liegt aber nicht in der mühsamen Herstellung der angeführten Form, sondern in der grossen Arbeit, die der Uebergang zum Argument x fordert; diese kann nicht in mässiger Zeit bewältigt werden. Es ist mir gelungen, eine leichte Methode zu finden, mittelst welcher $(\Delta)^{-3}$ und die Producte $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ auf dieselbe Form gebracht werden können wie $T_1^{-\frac{n}{2}}$. In der folgenden Abtheilung wird dieselbe auseinandergesetzt werden.

Aus der Definition von ψ folgt

$$\operatorname{Cos} i\,\xi = \frac{m_0^{(i)} + m_1^{(i)}\operatorname{Sin}\psi + m_2^{(i)}\operatorname{Cos} 2\psi + \ldots + m_i^{(i)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\,\psi}{(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^i}$$

$$\operatorname{Sin} i\,\xi = \frac{n_0^{(i)} + n_1^{(i)}\operatorname{Cos}\psi + n_2^{(i)}\operatorname{Sin} 2\psi + \ldots + n_i^{(i)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Sin}\\ \operatorname{Cos}\end{matrix}\right\} i\,\psi}{(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^i}$$

Diese Ausdrücke zu Grunde legend, zeigt Gyldén, wie mit Hülfe einer Tafel in der «Collection des Formules» $(\Delta)^{-3}, (\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f', (\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f''$ auf die Form

$$(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{\frac{1}{2}}\sum_i^{\alpha_i^{(1)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\}}\beta_i^{(1)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\psi + (1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{1}{2}}\sum_i^{\alpha_i^{(2)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\}}\beta_i^{(2)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\psi + (1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{3}{2}}\sum_{\alpha_i}^{\alpha_i^{(3)}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\}}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\,\psi$$

gebracht werden können. $(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{\frac{1}{2}}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\psi$, $(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{1}{2}}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\psi$ und $(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{3}{2}}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\psi$ sind in den «Recueils de Tables» in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen von x gegeben; mittelst dieser erhält man also das erwünschte Resultat in Reihen nach x ausgedrückt. Die angeführte Formel ist aber nicht zweckmässig, denn die Berechnung der Coefficienten in derselben ist besonders zeitraubend; die mit $(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{3}{2}}$ multiplicirte Reihe muss z. B. mit einer Decimalstelle mehr entwickelt werden als die beiden anderen, da die Ausdrücke von $(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{3}{2}}\left\{\begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix}\right\} i\,\psi$ nach x mehrere Coefficienten enthalten, die grösser sind als Eins. Noch lästiger ist jedoch die Mühe, welche mit der Anwendung der Tafeln behufs Ueberganges zum Argument x verbunden ist. Die Berechnung eines speciellen Werthes von $(\Delta)^{-3}$ überzeugte mich, dass es vortheilhafter ist, die eben auseinandergesetzte Methode auf diese Grösse $(\Delta)^{-3}$ zu beschränken und dann, nachdem $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f''$ in x aus-

gedrückt sind, durch mechanische Multiplication die Producte $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ zu bilden. Dies zeigt also ohne Weiteres, dass durchaus ein anderer Weg eingeschlagen werden muss. In der That kann man den Grössen $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ die einfache Form geben:

$$(1-k_1\operatorname{Sin}\psi)^{\frac{1}{2}}\sum\begin{matrix}\alpha_i\operatorname{Cos}\\ \beta_i\operatorname{Sin}\end{matrix}\Big\} i\psi$$

Dadurch wird die Arbeit, namentlich bei dem Umtausch von ψ gegen x, bedeutend reducirt. Wird Gyldén's neue Methode so angewandt, wie ich in den nächsten Abtheilungen auseinandersetzen werde, so wird sie, dessen bin ich überzeugt, nicht unbedeutende Vorzüge vor der älteren, von Asten angewandten Methode besitzen.

II.

Es wäre vielleicht richtiger, die Formel III zuerst zu behandeln, da diese hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit von allgemeinerer Bedeutung ist. Wenn wir jedoch erst die Formel II einer näheren Untersuchung unterwerfen, so geschieht das, weil sie in den folgenden Rechnungen eine grössere Verwendung gefunden hat.

Die Formel II ist im Allgemeinen anwendbar, so lange $\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1 - k_1$ positiv ist; bei den Jupiterstörungen verliert sie aber ihre Vorzüge mit dem Zeichenwechsel dieser Grösse. Unter der Voraussetzung, dass $\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1 - k_1$ positiv ist, wird es zweckmässig sein, sie folgendermaassen zu schreiben:

$$T_1 = B\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2\left\{1-C\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2-D\frac{k'}{\Delta}\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\right\}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

wo also

$$B = M_0 k'(1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)\left(1+\frac{2}{k^2}\frac{\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1-k_1}{(1+k_1)^2}\right)$$

$$C = \frac{2M_0k'(1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)(\Phi_1\operatorname{Cos}\Lambda_1-k_1)}{k^2k'(1+k_1)^2B}$$

$$D = \frac{M_0k'(1-k_1\Phi\operatorname{Cos}\Lambda)\Phi_1\operatorname{Sin}\Lambda_1}{\sqrt{1-k_1^2}B}$$

Man kann auch unmittelbar aus

$$T = M_0 + M_1 \operatorname{Cos}\xi + N_1 \operatorname{Sin}\xi$$

eine der Formel (I) ähnliche Form ableiten.

Berücksichtigen wir nämlich die Relation

$$\operatorname{Cos}\xi = \frac{2}{k^2}\,\Delta^2 - \frac{1+k^2}{k^2}$$

und setzen

$$\mu = M_0 - M_1 - (M_0 + M_1)\,k^2$$

so giebt eine leichte Rechnung

$$T_1 = \frac{2k^2 M_1}{k^2}\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2\left\{1 + \frac{\mu}{2k^2 M_1}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + \frac{k^2 N_1}{2k' M_1}\,\frac{k'}{\Delta}\,\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Diese Form ist für numerische Rechnungen oft bequemer als (1); sie gestattet aber nicht immer eine hinreichend convergente Reihenentwickelung, wo dies mit (1) der Fall ist.

Um nun die negativen Potenzen von T_1 zu entwickeln, schreiben wir

$$U = \frac{C}{\lambda}\,\frac{k'}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta} + a\,\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\right)$$

Es ist hier

$$a = \frac{D}{C}$$

gesetzt, und λ bedeutet den grössten numerischen Werth von

$$C\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + D\,\frac{k'}{\Delta}\,\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}$$

U kann deshalb den Werth Eins nicht übersteigen, und wir können $T_1^{-\frac{n}{2}}$ nach den steigenden Potenzen von λ entwickeln, wenn diese Grösse kleiner als Eins ist. Es ist aber zweckmässiger, eine andere Grösse η einzuführen, welche durch

$$\lambda = \frac{2\eta}{1+\eta^2}$$

mit λ verbunden ist. Damit die Formel (1) bei der Ermittelung der Jupiterstörungen überhaupt anwendbar sei, darf λ den Werth $0{,}35$ nicht wesentlich überschreiten; diese Substitution muss also zur Erreichung einer grösseren Convergenz sehr wirksam sein.

Es wird dadurch

$$T_1 = \frac{B}{1+\eta^2}\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2 \left\{1 - 2\eta U + \eta^2\right\}$$

und daraus

$$T_1^{-\frac{n}{2}} = \left(\frac{1+\eta^2}{B}\right)^{\frac{n}{2}} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^n \left\{ U_0^{(n)} + \eta U_1^{(n)} + \eta^2 U_2^{(n)} + \ldots . \right\}$$

Mit U sind die $U^{(n)}$ verbunden durch

$$U_0^{(n)} = 1$$

$$U_1^{(n)} = \frac{n}{2} \cdot 2U$$

$$U_2^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot 2^2 U^2 - \frac{s}{2}$$

$$U_3^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{3} \cdot 2^3 U^2 - \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{1} 2U$$

. . . . . .

$$U_m^{(n)} = \frac{\frac{n}{2} \cdot \frac{n}{2}+1 \ldots \frac{n}{2}+m-1}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots m}$$

$$\left\{ 2^m U^m - \frac{m(m-1)}{1\left(\frac{n}{2}+m-1\right)} 2^{m-2} U^{m-2} + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \cdot 2\left(\frac{n}{2}+m-1\right)\left(\frac{n}{2}+m-2\right)} 2^{m-4} U^{m-4} - \ldots . \right\}$$

. . . . . .

Diesen Relationen zufolge können wir schreiben:

$$T_1^{-\frac{n}{2}} = \left(\frac{1+\eta^2}{B}\right)^{\frac{n}{2}} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^n \left\{ E_0^{(n)} + E_1^{(n)} U + E_2^{(n)} U^2 + \ldots . \right\}$$

Es sollen also die Coefficienten in dieser Reihe ermittelt werden. Zu dem Zwecke bemerken wir, dass die Zahl der Glieder hier genau dieselbe ist, welche in der Reihe nach η berücksichtigt wird.

Wir nehmen dann an, dass die Annäherung die Berücksichtigung der m^{ten} Potenz von η fordert, und es sei zuerst m eine gerade Zahl $= 2s$. Dann ist

$$E_0^{(n)} = 1 - \frac{n}{2} z + \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} z^2 - \ldots . + (-1)^s \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \ldots \frac{\frac{n}{2}+s-1}{s} z^s$$

$$E_1^{(n)} = \frac{n}{2} \cdot 2\eta$$

$$\left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+1}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+1}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{2} z^2 - \ldots + (-1)^{s-1} \frac{\frac{n}{2}+1}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s-1}{s-1} z^{s-1} \right\}$$

$$E_2^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot 2^2 \eta^2$$

$$\left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+2}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+2}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+3}{2} z^2 - \ldots + (-1)^{s-1} \frac{\frac{n}{2}+2}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+3}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s}{s-1} z^{s-1} \right\}$$

$$E_3^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{3} \cdot 2^2 \eta^2$$

$$\left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+3}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+3}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+4}{2} z^2 - \ldots + (-1)^{s-2} \frac{\frac{n}{2}+3}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+4}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s}{s-2} z^{s-2} \right\}$$

. . . . . .

Wenn m ungerade ist und $= 2s + 1$, so wird

$$E_0^{(n)} = 1 - \frac{n}{2} z + \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} z^2 - \ldots + (-1)^s \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s-1}{s} z^s$$

$$E_1^{(n)} = \frac{n}{2} \cdot 2\eta \left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+1}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+1}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{2} z^2 - \ldots + (-1)^s \frac{\frac{n}{2}+1}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s}{s} z^s \right\}$$

$$E_2^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot 2^2 \eta^2$$

$$\left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+2}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+2}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+3}{2} z^2 - \ldots + (-1)^{s-1} \frac{\frac{n}{2}+2}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+3}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s}{s-1} z^{s-1} \right\}$$

$$E_3^{(n)} = \frac{\frac{n}{2}}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+1}{2} \cdot \frac{\frac{n}{2}+2}{3} \cdot 2^3 \eta^3$$

$$\left\{ 1 - \frac{\frac{n}{2}+3}{1} z + \frac{\frac{n}{2}+3}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+4}{2} z^2 - \ldots + (-1)^{s-1} \frac{\frac{n}{2}+3}{1} \cdot \frac{\frac{n}{2}+4}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{\frac{n}{2}+s+1}{s-1} z^{s-1} \right\}$$

. . . . . .

Im Aufsatze*) «Zur Entwickelung der negativen ungeraden Potenzen der Quadrat-

*) Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. Tome V.

wurzel der Function $(1 - 2\eta U + \eta^2)$» habe ich folgende Relationen zwischen den E-Coefficienten abgeleitet:

$$E_{2i-1}^{(n)} = -\frac{2\eta}{2i-1}\frac{\partial E_{2i-2}^{(n)}}{\partial z}$$

$$E_{2i}^{(n)} = -\frac{2\eta}{2i}\frac{\partial E_{2i-1}^{(n)}}{\partial z} + (-1)^{n-i}\frac{\Pi\left(\frac{n}{2}-1+s+i\right)}{\Pi\left(\frac{n}{2}-1\right)\Pi(2i)\Pi(n-i)}\cdot 2^{2i}\eta^{2i}z^{s-i}$$

oder:

$$E_{2i-1}^{(n)} = -\frac{2\eta}{2i-1}\frac{\partial E_{2i-2}^{(n)}}{\partial z} + (-1)^{n+1-i}\frac{\Pi\left(\frac{n}{2}-1+s+i\right)}{\Pi\left(\frac{n}{2}-1\right)\Pi(2i-1)\Pi(n+1-i)}2^{2i-1}\eta^{2i-1}z^{n+1-i}$$

$$E_{2i}^{(n)} = -\frac{2\eta}{2i}\frac{\partial E_{2i-1}^{(n)}}{\partial z}$$

je nachdem m gerade oder ungerade ist. Es ist $z = \eta^2$, Π das Gaussische Zeichen und also

$$\Pi\left(\frac{n}{2}+s\right) = \left(\frac{n}{2}+1\right)\left(\frac{n}{2}+2\right)\ldots\left(\frac{n}{2}+s\right)\Pi\left(\frac{n}{2}\right)$$

Mittelst dieser Formeln ist die beigefügte Tafel für $n = 3$ berechnet. Ihr Zweck ist, die E für dieses n leicht zu geben. $E_0^{(3)}$ ist in derselben nicht aufgenommen, da dieser Coefficient sich leichter durch

$$(1+\eta^2)^{-\frac{3}{2}}$$

berechnen lässt.

	1	η^2	η^4	η^6
$\frac{1}{\eta}E_1^{(3)}$	0,4771213	0,8750613$_n$	1,1180993	1,2941905$_n$
$\frac{1}{\eta^2}E_2^{(3)}$	0,8750613	1,4191293$_n$	1,7713118	2,0345532$_n$
$\frac{1}{\eta^3}E_3^{(3)}$	1,2430380	1,8962505$_n$	2,3355832	
$\frac{1}{\eta^4}E_4^{(3)}$	1,5952205	2,3355832$_n$	2,8474667	
$\frac{1}{\eta^5}E_5^{(3)}$	1,9376432	2,7505567$_n$		
$\frac{1}{\eta^6}E_6^{(3)}$	2,2734354	3,1484967$_n$		
$\frac{1}{\eta^7}E_7^{(3)}$	2,6044287			
$\frac{1}{\eta^8}E_8^{(3)}$	2,9317876			

Die Zahlen sind Logarithmen. Die Anwendung dieser Tafel ist ohne Weiteres klar.

Für $n = 5$, 7 u. s. w. könnte man wohl dasselbe Verfahren bei der Berechnung der E anwenden, da aber diese für höhere Werthe von n aus den oben angeführten Gründen nicht mit demselben Grad von Annäherung ermittelt zu werden brauchen wie $E_i^{(3)}$, so wird die folgende bequeme Methode hinreichend genau sein.

Aus

$$(1 - 2\eta U + \eta^2)^{-\frac{n}{2}} = E_0^{(n)} + E_1^{(n)} U + E_2^{(n)} U^2 + E_3^{(n)} U^3 + \cdots$$

erhält man durch Differentiation nach η

$$(1 - 2\eta U + \eta^2)^{-\frac{n+2}{2}} = -\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\eta} E_1^{(n)} - \frac{2}{n} \cdot \frac{1}{\eta} E_2^{(n)} U - \frac{3}{n} \cdot \frac{1}{\eta} E_3^{(n)} U^2 - \cdots$$

andererseits ist

$$(1 - 2\eta U + \eta^2)^{-\frac{n+2}{2}} = E_0^{(n+2)} + E_1^{(n+2)} U + E_2^{(n+2)} U^2 + \cdots$$

es wird also

$$E_i^{(n+2)} = -\frac{i+1}{n} \cdot \frac{1}{\eta} E_{i+1}^{(n)}$$

Nachdem die E-Coefficienten für alle nöthigen Werthe von n berechnet sind, müssen die Potenzen von U auf die Form

$$U^i = p_0^{(i)} + p_2^{(i)} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + \cdots + p_i^{(i)} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2i} + \frac{\sin\xi}{\Delta} \left\{ p_1^{(i)} \frac{k'}{\Delta} + \cdots + p_{i-1}^{(i)} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2i-1} \right\}$$

gebracht werden.

Wir hatten

$$U = \frac{C}{\lambda} \cdot \frac{k'}{\Delta} \left(\frac{k'}{\Delta} + a \frac{\sin\xi}{\Delta} \right)$$

und folglich wird

$$U^i = \left(\frac{C}{\lambda}\right)^i \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^i \left\{ \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^i + \frac{i(i-1)}{1.2} a^2 \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{i-2} \frac{\sin^2\xi}{\Delta^2} + \frac{i(i-1)(i-2)(i-3)}{1.2.3.4} a^4 \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{i-4} \frac{\sin^4\xi}{\Delta^4} + \cdots \right.$$
$$\left. + \frac{\sin\xi}{\Delta} \left(i\, a \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{i-1} + \frac{i(i-1)(i-2)}{1.2.3} a^3 \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{i-3} \frac{\sin^2\xi}{\Delta^2} + \frac{i(i-1)\ldots(i-4)}{1.\ldots.5} a^5 \left(\frac{k}{\Delta}\right)^{i-5} \frac{\sin^4\xi}{\Delta^4} + \cdots \right) \right\}$$

Die Functionen $\frac{\sin^{2r}\xi}{\Delta^{2r}}$ werden eliminirt durch die Formel (Gyldén: «Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie», pag. 65):

$$\frac{k^{4r}\,\mathrm{Sin}^{2r}\,\xi}{2^r\,\Delta^{2r}} = 1 + \frac{r}{1}\cdot\frac{r}{1}k'^2 + \frac{r(r-1)}{1.2}\cdot\frac{r(r-1)}{1.2}k'^4 + \ldots .$$

$$- \frac{r}{1}\left\{1 + \frac{r}{1}\cdot\frac{r-1}{2}k'^2 + \frac{r(r-1)}{1.2}\,\frac{(r-1)(r-2)}{2.3}k'^4 + \ldots .\right\}\left\{\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + \Delta^2\right\}$$

$$+ \frac{r(r-1)}{1.2}\left\{1 + \frac{r}{1}\cdot\frac{r-2}{3}k'^2 + \frac{r(r-1)}{1.2}\cdot\frac{(r-2)(r-3)}{3.4}k'^4 + \ldots .\right\}\left\{\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4 + \Delta^4\right\}$$

. . . . . .

Wodurch die obige Form erlangt wird. Man könnte auch die p-Coefficienten successive durch mechanische Multiplication berechnen und jedesmal $\frac{\mathrm{Sin}^2\xi}{\Delta^2}$ durch die eben angeführte Formel, so wie sie sich für $r = 1$ gestaltet, eliminiren. Dieses Verfahren ist entschieden vortheilhafter, wenn man genöthigt ist, die Form

$$U = \alpha + \beta\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + \gamma\left(\frac{k'}{\Delta}\right)\frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}$$

beizubehalten.

Wenn die Ausdrücke für U^i ermittelt sind, so müssen sie mit den zugehörigen $\left(\frac{B}{1+\eta^2}\right)^{\frac{n}{2}}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^n E_i^{(n)}$ multiplicirt werden. In dieser Weise erhalten dann die $T_1^{-\frac{n}{2}}$ nach gehöriger Reduction die Form

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$$

wo $f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$ und $f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$ nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ fortschreitende Reihen bedeuten, die erste nach den ungeraden, die zweite nach den geraden.

Es wurde für diese Darlegung die binomische Form von U gewählt; dass sie auch gilt, wenn die trinomische — was selten eintrifft — angewandt werden muss, ist leicht einzusehen.

Ein durchgeführtes Beispiel wird am Besten die auseinandergesetzte Methode beleuchten.

Von den im Folgenden gegebenen in Bezug auf die partielle Anomalie speciellen Werthen von T_1 wählen wir:

$$T_1 = 47{,}065291 + 46{,}143744\,\mathrm{Cos}\,\xi - 1{,}526680\,\mathrm{Sin}\,\xi \ldots . \quad (\alpha)$$

Durch Anwendung der Formel (2) erhalten wir nach der Reihe

$$\log\frac{\mu}{2\,k'^2\,M_1} = 9{,}2588998_n \quad \log\lambda = 9{,}4242761$$

$$\text{»}\quad\frac{k^2\,n_1}{2\,k'\,M_1} = 9{,}1727915_n \quad \text{»}\quad \eta_1 = 9{,}1311179$$

$$\log\left\{\frac{2k'^2 M_1}{k^2(1+\eta_1^2)}\right\}^{\frac{3}{2}} m' = 2{,}2277877 \text{ in Secunden}$$

$$\log\left\{\frac{2k'^2 M_1}{k^2(1+\eta_1^2)}\right\}^{\frac{5}{2}} m' = 2{,}1841556 \text{ » »}$$

$$\log\left\{\frac{2k'^2 M_1}{k^2(1+\eta_1^2)}\right\}^{\frac{7}{2}} m' = 2{,}1405235 \text{ » »}$$

wo m' die Jupitermasse bedeutet. Mit Hülfe der gegebenen Tafel und der Formel

$$E_i^{(n+2)} = -\frac{i+1}{n}\cdot\frac{1}{\eta_1} E_{i+1}^{(n)}$$

berechnen wir die E-Coefficienten für $n = 3$, 5 und 7, und erhalten

i	$\log E_i^{(3)}$	$\log E_i^{(5)}$	$\log E_i^{(7)}$
0	2,2159800	2,164475	2,11302
1	1,816346	1,986735	2,08139
2	1,337576	1,654083	1,8550
3	0,828833	1,251623	1,5415
4	0,301434	0,81315	1,2395
5	9,766056	0,4142	0,8477
6	9,287931	9,9433	
7	8,75504		

Die Factoren $\left\{\frac{2k'^2 M_1}{k^2(1+\eta_1^2)}\right\}^{\frac{n}{2}} m'$ sind schon in diesen Zahlen enthalten. Mit dem vorstehend gegebenen Werthe von ξ gibt die directe Rechnung

$$T_1^{-\frac{3}{2}} = 173''{,}4140;\ T^{-\frac{5}{2}} = 159''{,}58;\ T^{-\frac{7}{2}} = 146''{,}8$$

Aus den E-Coefficienten erhalten wir

$$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3 \sum_{i=0}^{i=7} E_i^{(3)} = 173''{,}4137;\ \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5 \sum_{i=0}^{i=6} E_i^{(5)} = 159''{,}55;\ \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7 \sum_{i=0}^{i=5} E_i^{(7)} = 146''{,}8$$

woraus wir ersehen, dass die Rechnungen richtig sind. Weiter wird

$$U = 9{,}8346237_n \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + 9{,}7485154_n \frac{k'}{\Delta}\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}$$

und daraus

	U^2	U^3	U^4	U^5	U^6	U^7
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	$8{,}190718_n$		$6{,}3814$		$4{,}572_n$	
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	$0{,}1148964$	$8{,}502463$	$8{,}60657_n$	$6{,}9160_n$	$6{,}9736$	$5{,}2553$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	$9{,}9139238_n$	$0{,}4265715_n$	$0{,}228750$	$9{,}140162_n$	$8{,}893319_n$	$7{,}65292_n$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$		$0{,}3653962$	$9{,}471399$	$0{,}769712_n$	$0{,}318781$	$9{,}57922$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$			$0{,}238357_n$	$0{,}863374$	$0{,}739122$	$1{,}036160_n$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$				$0{,}231107_n$	$1{,}105584_n$	$1{,}092143$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$					$0{,}729448$	$0{,}380866$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$						$0{,}637845_n$
$\frac{k'}{\Delta}\quad\frac{\sin\xi}{\Delta}$		$7{,}93923$		$6{,}1299_n$		$4{,}320$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$9{,}8841691$	$9{,}8633418_n$	$8{,}37592_n$	$8{,}35509$	$6{,}7424$	$6{,}7221_n$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5\frac{\sin\xi}{\Delta}$		$8{,}804058_n$	$0{,}300026$	$9{,}969770_n$	$8{,}96786_n$	$8{,}638081$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7\frac{\sin\xi}{\Delta}$			$0{,}099120_n$	$0{,}184524_n$	$0{,}594966$	$0{,}043027_n$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9\frac{\sin\xi}{\Delta}$				$0{,}262151$	$0{,}483799_n$	$0{,}760612_n$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}\frac{\sin\xi}{\Delta}$					$9{,}470483_n$	$0{,}965122$
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}\frac{\sin\xi}{\Delta}$						$0{,}447768_n$

Wenn man in diesen Reihen die Werthe von $\frac{k'}{\Delta}$ und $\frac{\sin\xi}{\Delta}$ einführt, welche dem angeführten Werth von ξ entsprechen, d. h. in diesem Falle

$$\log\frac{k'}{\Delta} = 9{,}9406592$$
$$\text{»}\quad\frac{\sin\xi}{\Delta} = 9{,}9921328$$

so muss die Summe jeder verticalen Reihe gleich 1 sein. Dadurch wird diese Rechnung controlirt. Werden dann diese Ausdrücke für U^i in gehöriger Weise mit den schon berechneten $E_i^{(n)}$ multiplicirt, so ergeben sich, nach einfacher Zusammenziehung der Glieder gleicher Potenz, die $T_1^{-\frac{3}{2}}$, $T_1^{-\frac{5}{2}}$, $T_1^{-\frac{7}{2}}$ als Reihen nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$; sie werden später bei der Zusammenstellung sämmtlicher Rechnungen dieser Art auftreten und zwar bei $w_4 = 75°$. Die Substitution der schon gefundenen Werthe für $\frac{k'}{\Delta}$ und $\frac{\sin\xi}{\Delta}$ muss dann wieder die angeführten Werthe von $T_1^{-\frac{3}{2}}$, $T_1^{-\frac{5}{2}}$, $T_1^{-\frac{7}{2}}$ geben. Es wird resp.

$$173''{,}4136\,;\ 159''{,}55\,;\ 146''{,}8.$$

Wir haben bei diesem Beispiele die Formel (2) zum Ausgangspunkt genommen. Die Formel (1) hätte einen etwas kleineren Werth von η gegeben.

Die eben beschriebenen Rechnungen lassen sich sehr leicht ausführen; mit einiger Uebung kann man, wenn (α) gegeben ist, $T_1^{-\frac{3}{2}}$, $T_1^{-\frac{5}{2}}$, $T_1^{-\frac{7}{2}}$ in die angegebenen Reihen bequem in 4 Stunden entwickeln.

Herr Gyldén hat mir eine Methode mitgetheilt, $T^{-\frac{n}{2}}$ zu entwickeln, die an Eleganz und, wie es scheint, auch an Zweckmässigkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Obgleich ich bis jetzt keine Gelegenheit gehabt habe, diese Methode anzuwenden, so wird die gegenwärtige Untersuchung der Form II wesentlich gewinnen, wenn ich von seiner freundlichen Erlaubniss, sie hier mitzutheilen, Gebrauch mache.

Es sei

$$\text{Cos } \gamma = 1 - \frac{2}{k^2} + \frac{2}{k^2}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$$

$$\text{Sin } \gamma = \frac{k'}{\Delta} \cdot \frac{\text{Sin } \xi}{\Delta}$$

oder

$$\gamma = 2\, am \frac{2K}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - x\right);$$

wird ferner gesetzt

$$\Phi' \text{ Cos } \Lambda' = \frac{\Phi_1 \text{ Cos } \Lambda_1 - k_1}{1 - k_1 \Phi_1 \text{ Cos } \Lambda_1}$$

$$\Phi' \text{ Sin } \Lambda' = \frac{\sqrt{1-k_1^2}\, \Phi_1 \text{ Sin } \Lambda_1}{\sqrt{1 - k_1 \Phi_1 \text{ Cos } \Lambda_1}}$$

dann wird

$$T_1 = \frac{k'(1-k, \Phi \text{ Cos } \Lambda)(1 - k_1 \Phi_1 \text{ Cos } \Lambda_1)}{1 - k_1^2}\left(\frac{\Delta}{k'}\right)^2 \left\{1 - \Phi' \text{ Cos } (\gamma - \Lambda')\right\}$$

Führt man hier η_1 durch

$$\Phi' = \frac{2\eta}{1 + \eta^2}$$

bestimmt, ein, so ergibt sich diese Grösse nicht unbedeutend kleiner, als sie aus den Formeln (1) oder (2) erhalten wird.

Die Entwickelung von

$$\{1 - 2\eta \text{ Cos } (\eta - \Lambda') + \eta^2\}^{-\frac{n}{2}}$$

nach den Vielfachen von γ muss also sehr rasch convergiren, ein Umstand, der die Anwendung von

$$\operatorname{Cos} r\gamma = g_r^{(r)} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2r} - g_{r-1}^{(r)} \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2r-2} + \ldots\ldots$$

$$\operatorname{Sin} r\gamma = \tfrac{1}{2} k^2 g_r^{(r)} \operatorname{Sin}\xi \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{2r-2} - \ldots\ldots$$

(siehe folgende Seite) ermöglicht, wodurch $T^{-\frac{n}{2}}$ fast unmittelbar unter der Form

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta} f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$$

hervorgeht.

Ein Hauptvortheil bei dieser Methode liegt darin, dass die $g^{(r)}$ ein für allemal berechnet werden können.

Die unten zusammengestellten numerischen Entwickelungen von $T_1^{-\frac{n}{2}}$ zeigen uns sofort, dass es sehr zweckmässig wäre, wenn man in leichter Weise $(\Delta)^{-3}$ unter dieselbe Form stellen könnte. Es soll jetzt gezeigt werden, dass dies geschehen kann.

In

$$(\Delta)^{-3} = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} \left\{T_1^{-\frac{3}{2}} - \tfrac{3}{2} T_1^{-\frac{5}{2}} T_2 + \tfrac{3}{2}\cdot\tfrac{5}{4} T_1^{-\frac{7}{2}} T^2 - \ldots\ldots\right\}$$

ist

$$T_2 = M_3 \operatorname{Cos} 3\xi + M_4 \operatorname{Cos} 4\xi + \ldots\ldots$$
$$N_3 \operatorname{Sin} 3\xi + N_4 \operatorname{Sin} 4\xi + \ldots\ldots$$

woraus man durch Quadrirung eine ähnliche Reihe für T^2 erhält. Ferner ist

$$\begin{aligned}(1+x\operatorname{Cos}\xi+y\operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} = 1 &+ \frac{3}{4}\cdot\frac{x^2+y^2}{4} + \left(\frac{3}{2}x - \frac{3}{8}\cdot\frac{x}{2}\cdot\frac{x^2+y^2}{4}\right)\operatorname{Cos}\xi + \left(\frac{3}{2}y - \frac{3}{8}\cdot\frac{y}{2}\cdot\frac{x^2+y^2}{4}\right)\operatorname{Sin}\xi \\ &+ \frac{3}{4}\cdot\frac{x^2-y^2}{4}\operatorname{Cos}2\xi + \frac{3}{2}\cdot\frac{x\,y}{4}\operatorname{Sin}2\xi \\ &+ \frac{1}{8}\left(3\cdot\frac{x}{2}\cdot\frac{y^2}{4} - \frac{x}{2}\cdot\frac{x^2}{4}\right)\operatorname{Cos}3\xi + \frac{1}{8}\left(-3\cdot\frac{y}{2}\cdot\frac{x^2}{4} + \frac{y}{2}\cdot\frac{y^2}{4}\right)\operatorname{Sin}3\xi \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\end{aligned}$$

Nach den Vielfachen desselben Argumentes werden dann auch $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ entwickelt.

Diese Reihen können wir in andere nach den Potenzen von Δ verwandeln.

Es ist nämlich:

$$\operatorname{Cos} r\xi = \quad g_r^{(r)}\Delta^{2r} \quad - g_{r-1}^{(r)}\Delta^{2r-2} \quad + \ldots \pm g_0^{(r)}$$

$$\operatorname{Sin} n\xi = \tfrac{k^2}{2}\operatorname{Sin}\xi\left\{ g_r^{(r)}\Delta^{2r-2} - \tfrac{r-1}{r}\, g_{r-1}^{(r)}\Delta^{2r-4} + \ldots \mp g_1^{(r)} \right\}$$

Die Ableitung dieser Gleichungen und die Ausdrücke für $g^{(n)}$ findet man in Gyldén's «Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie», pag. 83. Die folgenden Werthe der Coefficienten sind den «Recueil de Tables» entnommen:

	0	1	2	3	4	5
$\log g_{r_0}^{(1)}$	0,0104695	0,3062963				
» $g_r^{(2)}$	0,0409151	0,9188260	0,9136226			
» $g_r^{(3)}$	0,0887705	1,2882392	1,7022434	1,5209489		
» $g_r^{(4)}$	0,1506590	1,5618008	2,2396610	2,4345084	2,1282752	
» $g_r^{(5)}$	0,2231321	1,7853635	2,6560966	3,0888665	3,1387447	2,7356015

woraus

$\log \frac{k^2}{2} g_r^{(1)}$	0,0000000				
» $\frac{k^2}{2}\cdot\frac{r}{2} g_r^{(2)}$	0,3114997	0,6073263			
» $\frac{k^2}{2}\cdot\frac{r}{3} g_r^{(3)}$	0,5048216	1,2198558	1,2146526		
» $\frac{k^2}{2}\cdot\frac{r}{4} g_r^{(4)}$	0,6534445	1,6323347	2,0032734	1,8219789	
» $\frac{k^2}{2}\cdot\frac{r}{5} g_r^{(5)}$	0,7800972	1,9518603	2,5607215	2,7355384	2,4293052

Mit Hülfe dieser Zahlen können wir alle Reihen, mit denen die $T_1^{-\frac{n}{2}}$ multiplicirt werden sollen, auf die Form

$$\varphi_1(\Delta) + \frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\varphi_2(\Delta)$$

bringen, wo φ_1 nach den geraden und φ_2 nach den ungeraden Potenzen von Δ fortschreitet. Die Bildung von $(\Delta)^{-3}$ und dessen Producte in $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ wird also wesentlich darin bestehen, Potenzreihen mit einander zu multipliciren, von denen die eine hauptsächlich nach den negativen, die andere immer nach den positiven Potenzen von Δ fortgeht.

Die allgemeinsten Ausdrücke für $f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$, $f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$, $\varphi_1(\Delta)$ und $\varphi_2(\Delta)$, so wie sie in den vorliegenden Rechnungen vorkommen, sind

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) = \alpha\,\Delta + a_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + a_3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3 + \ldots\ldots$$

$$f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right) = a_0 + a_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + a_4\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4 + \ldots\ldots$$

$$\varphi_1(\Delta) = A_0 + A_2\,\Delta^2 + A_4\,\Delta^4 + \ldots\ldots$$

$$\varphi_2(\Delta) = A_1\,\Delta + A_3\,\Delta^3 + A_5\,\Delta^5 + \ldots\ldots$$

Unter Berücksichtigung der Gleichung

$$\tfrac{k^4}{4}\,\tfrac{\mathrm{Sin}^2\,\xi}{\Delta^2} = 1 + k'^2 - \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 - \Delta^2$$

werden wir dann erhalten

$$\begin{aligned}\left\{f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta} f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)\right\}\left\{\varphi_1(\Delta) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}\varphi_2(\Delta)\right\} = \\ b_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + b_3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3 + b_5\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5 + \ldots\ldots \\ + \beta_1\,\Delta + \beta_3\,\Delta^3 + \beta_5\,\Delta^5 + \ldots\ldots \\ + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}\left\{b_0 + b_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2 + b_4\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4 + \ldots\ldots\right. \\ \left. + \beta_2\,\Delta^2 + \beta_4\,\Delta^4 + \ldots\ldots\right\}\end{aligned}$$

Die Coefficienten in dieser Reihe lassen sich leicht durch α, a_i und A_i ausdrücken. Führen wir nämlich die Bezeichnungen

$$\tfrac{k^4}{4} L' = A_1 k'$$

$$\tfrac{k^4}{4} L_1 = A_1 + (A_3 - A_1)\,k'^2$$

$$\tfrac{k^4}{4} L_2 = A_3 - A_1 + (A_5 - A_3)\,k'^2$$

$$\tfrac{k^4}{4} L_3 = A_5 - A_3 + (A_7 - A_5)\,k'^4$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

ein, so finden wir ohne Schwierigkeit folgende Relationen:

$$b_1 = a_0 L' + a_1 A_0 + a_2 L_1 k' + a_3 A_2 k'^2 + \ldots\ldots$$
$$b_3 = a_2 L' + a_3 A_0 + a_4 L_1 k' + a_5 A_2 k'^2 + \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$b_0 = a_0 A_0 + a_1 A_1 k' + a_2 A_2 k'^2 + a_3 A_3 k'^3 + \ldots\ldots$$
$$b_2 = a_2 A_0 + a_3 A_1 k' + a_4 A_2 k'^2 + a_5 A_3 k'^3 + \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\beta_1 = A_0 \alpha + L_1 a_0 + A_2 a_1 k' + L_3 a_2 k'^2 + \ldots\ldots$$
$$\beta_3 = A_2 \alpha + L_3 a_0 + A_4 a_1 k' + L_5 a_2 k'^3 + \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\beta_2 = A_1 \alpha + A_2 a_0 + A_3 a_1 k' + A_4 a_2 k'^3 + \ldots\ldots$$
$$\beta_4 = A_3 \alpha + A_4 a_0 + A_5 a_1 k' + A_6 a_2 k'^3 + \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Da $k' = 0{,}1097861$, so sieht man, dass die b_i sich sehr leicht berechnen lassen; die β_i sind so klein, dass β_4 selten berücksichtigt zu werden braucht.

Es ist also jetzt der Weg vollständig angegeben worden, auf welchem man für die Grössen $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\cos f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\sin f'$ zu der Form

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\sin\xi}{\Delta} f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$$

gelangen kann. Die lästige Arbeit der Multiplication von trigonometrischen Reihen ist dadurch vermieden.

Bei den numerischen Rechnungen hat sich folgender Gang als zweckmässig erwiesen: zuerst wird T_2 nach den Potenzen von Δ ausgedrückt, und dann diese Reihe quadrirt, wodurch man T_2^2 erhält. Die Producte $\frac{3}{2} T_1^{-\frac{5}{2}} T_2$ und $\frac{3}{2}\frac{5}{4} T_1^{-\frac{7}{2}} T_2^2$ werden in der eben angegebenen Weise gebildet; nach gehöriger Reduction ergibt sich darauf

$$(1 + x\cos\xi + y\sin\xi)^{-\frac{3}{2}} (\Delta)^{-3} = f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\sin\xi}{\Delta} f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$$

Nachdem $(1 + x\cos\xi + y\sin\xi)^{\frac{3}{2}}$, $\frac{r'}{a'}\cos f'$, $\frac{r'}{a'}\sin f'$ ebenfalls in Potenzreihen nach Δ verwandelt sind, erhält man durch die Reihe auf der rechten Seite dieser Gleichung $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\cos f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\sin f'$. Jede der beiden letzten Grössen kann in einer Stunde, $(\Delta)^{-3}$ in weniger als einer Stunde entwickelt werden, wenn $T^{-\frac{n}{2}}$ und die übrigen

nöthigen Grössen schon als Potenzreihen vorhanden sind. Durch die Tabellen I und II im Anhange kann man wohl kaum jede der drei genannten Grössen in trigonometrische Reihen nach x in kürzerer Zeit als $1^1/_4$ Stunde verwandeln.

Da ein so eminenter Rechner wie Asten durchschnittlich $4^1/_2$ Stunden brauchte, um jedes der Producte $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\cos f'(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\sin f'$ zu bilden, wenn $(\Delta)^{-3}, \frac{r'}{a'}\cos f', \frac{r'}{a'}\sin f'$ als trigonometrische Reihen nach x gegeben waren (vergl. Asten's Abhandlung über die absoluten Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen, pag. 45), so wird es nicht übertrieben sein, zu behaupten, dass die jetzt auseinandergesetzte Methode doppelt so leicht ist als die von Asten angewandte.

Die gewonnenen Mittel wollen wir nun anwenden, so weit sie ausreichen, auf die gestellte Aufgabe: die Jupiterstörungen erster Ordnung des Encke'schen Cometen zu ermitteln für den zwischen Aphel und $f = 190°$ liegenden Theil der Cometenbahn. Da die zu ermittelnden Störungen sich streng an die von Asten für den Bahntheil zwischen $f = 170°$ und Aphel gegebenen anschliessen sollen, so kann der Ausdruck II für $(\Delta)^2$ pag. 31 in Asten's Abhandlung als Ausgangspunkt genommen werden.

Dieser ist

$$(\Delta)^2$$

	Cos 0 ξ	Cos ξ	Sin ξ	Cos 2 ξ	Sin 2 ξ	Cos 3 ξ	Sin 3 ξ	Cos 4 ξ	Sin 4 ξ	Cos 5 ξ	Sin 5 ξ
Cos 0 ω_4	+45,533891	+43,346550	−2,982209	−0,953829	−0,329558	+0,026050	+0,023952	−0,000585	−0,001338	−0,000001	+0,000066
Cos ω_4	+ 1,260119	+ 1,805768	+2,776027	+0,032917	−0,216862	−0,007702	+0,010489	+0,000678	−0,000363	−0,000044	+0,000004
Cos 2 ω_4	− 0,315484	− 0,427652	+0,223615	+0,023139	−0,003162	−0,001506	−0,000578	+0,000076	+0,000092	−0,000002	−0,000008
Cos 3 ω_4	− 0,019803	− 0,025086	−0,027867	+0,000531	+0,002489	+0,000043	−0,000193	−0,000012	+0,000013	+0,000002	−0,000001
Cos 4 ω_4	+ 0,001897	+ 0,002177	−0,002821	−0,000227	+0,000114	+0,000021	+0,000002				
Cos 5 ω_4	+ 0,000195	+ 0,000256	+0,000158	−0,000012	−0,000020						
Cos 6 ω_4	− 0,000008	− 0,000015	+0,000030	+0,000001	−0,000003						

ξ ist mit c'_1 verbunden durch

$$c'_1 = \xi + 147°\,42'$$

und ω_4 bedeutet die partielle Anomalie des Cometen in dem betreffenden Bahntheil, die also alle Werthe von 0° bis 360° annimmt, wenn f sich zwischen den Grenzen 180° und 190° ändert.

Die Art und Weise, wie der angeführte Ausdruck von $(\Delta)^2$ abgeleitet worden ist, und die zu Grunde gelegten Elemente sind von Asten in seiner Abhandlung vollständig angegeben, weshalb es überflüssig ist, sich weiter darauf hier einzulassen.

Nach dem Beispiele Astens wurde die Peripherie in Bezug auf ω_4 in 24 Theile getheilt. Die daraus resultirenden 11 verschiedenen Specialwerthe von $(\Delta)^2$ sind hier zusammengestellt:

$(\Delta)^2$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0 ξ	+46,464850	+46,466334	+46,436899	+46,340637	+46,148391	+45,851280	+45,467723	+45,040715	+44,627089	+44,284082	+44,058392
Cos ξ	+44,703848	+44,695269	+44,638802	+44,487370	+44,203349	+43,776394	+43,232643	+42,631174	+42,049944	+41,568031	+41,250716
Sin ξ	− 0,128191	− 0,465046	− 0,996847	− 1,676616	− 2,438929	− 3,208675	− 3,915623	− 4,508536	− 4,961929	− 5,272994	− 5,451735
Cos 2 ξ	− 0,901736	− 0,913629	− 0,930693	− 0,949362	− 0,965849	− 0,977196	− 0,982113	− 0,981206	− 0,976511	− 0,970663	− 0,966072
Sin 2 ξ	− 0,539957	− 0,518984	− 0,484762	− 0,438967	− 0,384670	− 0,326279	− 0,268856	− 0,217107	− 0,174582	− 0,143402	− 0,124521
Cos 3 ξ	+ 0,017348	+ 0,018616	+ 0,020553	+ 0,022898	+ 0,025341	+ 0,027577	+ 0,029387	+ 0,030686	+ 0,031505	+ 0,031956	+ 0,032166
Sin 3 ξ	+ 0,033448	+ 0,032746	+ 0,031504	+ 0,029678	+ 0,027305	+ 0,024532	+ 0,021601	+ 0,018802	+ 0,016396	+ 0,014578	+ 0,013458
Cos 4 ξ	+ 0,000128	+ 0,000040	− 0,000098	− 0,000272	− 0,000468	− 0,000661	− 0,000834	− 0,000974	− 0,001072	− 0,001134	− 0,001166
Sin 4 ξ	− 0,001599	− 0,001606	− 0,001604	− 0,001579	− 0,001521	− 0,001430	− 0,001315	− 0,001189	− 0,001072	− 0,000978	− 0,000916
Cos 5 ξ	− 0,000045	− 0,000040	− 0,000033	− 0,000024	− 0,000012	+ 0,000001	+ 0,000014	+ 0,000024	+ 0,000032	+ 0,000036	+ 0,000038
Sin 5 ξ	+ 0,000062	+ 0,000065	+ 0,000068	+ 0,000073	+ 0,000075	+ 0,000074	+ 0,000071	+ 0,000067	+ 0,000062	+ 0,000059	+ 0,000056

Diese Reihen wurden mit dem Trinom $1 + x \cos \xi + y \sin \xi$ multiplicirt, nachdem für jede Reihe x und y in der oben angegebenen Weise bestimmt worden waren. Es ergab sich:

$(1 + x \cos \xi + y \sin \xi)\,(\Delta)^2$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0 ξ	+47,362723	+47,368212	+47,344265	+47,253500	+47,065291	+46,769687	+46,384783	+45,954038	+45,535385	+45,187441	+44,958196
Cos ξ	+46,548874	+46,557242	+46,525452	+46,401810	+46,143744	+45,736898	+45,205369	+44,608506	+44,026338	+43,540862	+43,220143
Sin ξ	+ 0,998734	+ 0,633015	+ 0,054098	− 0,688895	− 1,526680	− 2,378544	− 3,167626	− 3,836112	− 4,353033	− 4,711687	− 4,919729
Cos 3 ξ	+ 0,005788	+ 0,006181	+ 0,006863	+ 0,007688	+ 0,008553	+ 0,009349	+ 0,010001	+ 0,010477	+ 0,010785	+ 0,010957	+ 0,011042
Sin 3 ξ	+ 0,011616	+ 0,011385	+ 0,010972	+ 0,010356	+ 0,009557	+ 0,008620	+ 0,007621	+ 0,006665	+ 0,005836	+ 0,005211	+ 0,004818
Cos 4 ξ	+ 0,000071	+ 0,000032	− 0,000031	− 0,000109	− 0,000197	− 0,000285	− 0,000366	− 0,000432	− 0,000477	− 0,000505	− 0,000519
Sin 4 ξ	− 0,000714	− 0,000721	− 0,000713	− 0,000712	− 0,000688	− 0,000648	− 0,000598	− 0,000543	− 0,000490	− 0,000448	− 0,000418
Cos 5 ξ	− 0,000023	− 0,000020	− 0,000017	− 0,000013	− 0,000007	0,000000	+ 0,000007	+ 0,000011	+ 0,000015	+ 0,000016	+ 0,000018
Sin 5 ξ	+ 0,000032	+ 0,000033	+ 0,000035	+ 0,000037	+ 0,000038	+ 0,000037	+ 0,000035	+ 0,000034	+ 0,000032	+ 0,000030	+ 0,000029
x	+0,0402394	+0,0406026	+0,0411588	+0,0418418	+0,0425746	+0,0432834	+0,0439102	+0,0444208	+0,0448036	+0,0450636	+0,0452130
y	+0,0242518	+0,0236258	+0,0226198	+0,0212944	+0,0197386	+0,0180664	+0,0164038	+0,0148742	+0,0135832	+0,0126100	+0,0120072

Nur auf die sieben ersten von diesen Reihen konnte die Formel II angewandt werden. Bei den übrigen vier wird η so gross, nach welcher Methode diese Grösse auch berechnet werden mag, dass es unzweckmässig wäre, $T^{-\frac{n}{2}}$ nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ zu entwickeln.

Es ergaben sich für diese sieben Werthe folgende Reihen für $T_1^{-\frac{3}{2}}$, $T_1^{-\frac{5}{2}}$, $T_1^{-\frac{7}{2}}$, in welchen der Factor $m' \cdot 206264{,}8$, wo $m' =$ Jupitermasse, enthalten ist.

$T_1^{-\frac{3}{2}}$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	+162″,1478	+162″,1876	+162″,4094	+162″,9934	+164″,0926	+165″,7866	+168″,0247
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+ 80,6121	+ 74,3007	+ 67,9377	+ 66,1925	+ 72,8137	+ 88,8877	+112,1694
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+ 25,0141	+ 25,0231	+ 23,6664	+ 18,1835	+ 3,4547	− 29,1030	− 87,8411

	$\omega_1 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+ 3″,6437	+ 6″,5391	+ 7″,6657	+ 3″,1796	−11″,2303	−38″,8452	−94″,5018
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	− 1,3028	+ 1,3850	+ 2,3412	+ 0,0974	− 6,0501	−19,7894	+17,0364
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	− 1,1185	+ 0,0459	+ 0,7946	− 0,3875	− 2,1764	+24,5283	+56,3339
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	− 1,2203	− 0,4957	+ 0,3129	− 0,3300	+ 0,9056	− 4,3031	+ 7,1404
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	− 0,2159				+ 0,2443		− 38,1872
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							+13,1942
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	−23,4841	−14,8847	− 1,2745	+16,3335	+36,6580	+58,2583	+79,6245
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	−17,9604	−10,9878	− 0,8887	+10,5570	+21,5245	+29,9648	+33,9872
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	− 8,6878	− 5,4078	− 0,4325	+ 4,4333	+ 4,9479	− 5,0521	−36,8467
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	− 3,0866	− 2,1746	− 0,1764	+ 1,4806	− 0,7969	−13,4865	−24,4424
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	− 0,9525	− 0,9011	− 0,0761	+ 0,4561	− 1,3342	− 1,5917	− 9,4404
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	− 0,1007	− 0,2024	− 0,0358	+ 0,0236	− 0,5762	+ 2,8895	+52,3502
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+ 0,2013				+ 0,1577		−35,0420
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							+ 7,6438

$$T_1^{-\frac{5}{2}}$$

	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+ 142,60	+ 142,72	+ 143,07	+ 143,89	+ 145,34	+ 147,55	+ 150,45
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+ 125,06	+ 111,73	+ 99,80	+ 100,70	+ 124,19	+ 174,00	+ 246,49
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+ 58,56	+ 54,24	+ 48,56	+ 40,48	+ 21,25	− 26,06	− 127,63
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	+ 14,07	+ 18,92	+ 19,89	+ 10,04	− 22,37	− 99,33	− 236,73
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	+ 1,28	+ 5,63	+ 8,41	+ 1,19	− 25,39	− 102,16	− 289,37
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	− 7,89	+ 0,71	+ 3,98	− 1,28	− 6,77	+ 107,00	+ 770,54
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	− 4,88	− 2,30		− 1,52	+ 4,70	− 19,80	− 488,91
								+ 105,14
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	− 34,47	− 21,84	− 1,87	+ 24,05	+ 54,35	+ 86,74	+ 119,63
»	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	− 37,69	− 22,77	− 1,82	+ 22,01	+ 47,35	+ 73,71	+ 100,13

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\sin\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	−23″,63	−14″,51	− 1″,12	+12″,01	+16″,46	− 2″,07	− 77″,73
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	−11,52	− 7,18	− 0,62	+ 5,01	− 0,76	−46,88	−115,70
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	− 4,58	− 3,69	− 0,38	+ 1,93	− 7,41	−10,26	+ 1,11
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+ 1,25	− 0,94		+ 0,11	− 0,26	+13,30	+123,41
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							− 55,01

$$T_1^{-\frac{7}{2}}$$

$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{7}$	+125″	+125″	+126″	+127″	+129″	+131″	+ 134″
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{9}$	+163	+141	+124	+127	+174	+267	+ 408
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	+102	+ 89	+ 77	+ 69	+ 60	+ 54	− 64
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	+ 50	+ 43	+ 38	+ 26	− 26	−317	− 613
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	− 3	+ 18	+ 19	+ 1	− 89	− 65	− 482
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	− 33	− 9	+ 11	− 9	+ 14	+105	+1210
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							− 483
$\frac{\sin\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{8}$	− 42	− 27	− 2	+ 29	+ 67	+108	+ 151
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	− 60	− 37	− 3	+ 35	+ 80	+135	+ 200
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	− 49	− 28	− 2	+ 25	+ 43	+ 37	− 6
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	− 34	− 20	− 1	+ 14	− 9	−178	− 718
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	− 2	− 9	− 1	+ 3	− 15	+ 53	+ 667
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							− 181

Die $T_1^{-\frac{5}{2}}$ und $T_1^{-\frac{7}{2}}$ sind nicht alle nach der Formel

$$E_i^{(s+2)} = -\frac{i+1}{s}\cdot\frac{1}{\eta}\cdot E_{i+1}^{(s)}$$

berechnet, einige wurden nach den strengeren Recursionsformeln abgeleitet, welche im Aufsatze «Zur Entwickelung etc.» gegeben sind.

Die Prüfung dieser Rechnungen geschah in oben angegebener Weise.

Den angeführten Reihen liegen folgende Werthe von ξ und η zu Grunde.

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
ξ	183°54′53″,80	182°36′19″,44	180°14′20″,18	176°47′27″,59	172°54′0″,84	169°16′33″,04	191°15′10″,60
log η	9,1730909	9,1484869	9,1146165	9,0934222	9,1311179	9,1361443	$9{,}2462617_n$

Für $\omega_4 = 75°$ ist η nicht in derselben Weise berechnet wie für die übrigen Specialwerthe von ω_4, welche nach der Formel II, also unter Anwendung der trinomischen Form von U abgeleitet sind. In der That wissen wir ja schon nach dem oben angeführten Beispiel, dass die Formel (2) für den Specialwerth $\omega_4 = 75°$ benutzt wurde. Wenn in diesem Falle η berechnet worden wäre wie die anderen η_i, so würden wir erhalten haben

$$\log \eta = 9{,}1051\ldots\ldots *)$$

Mit Hülfe der angeführten Werthe der g-Coefficienten erhalten wir jetzt:

$$-\tfrac{3}{2} T_2$$

$\omega_4 =$		15°	30°	45°	60°	75	90°	105°
	Δ^0	+0,0103567	+0,0112590	+0,0126619	+0,0143518	+0,0161397	+0,0178112	+0,0191978
	Δ^2	−0,16147	−0,17647	−0,20017	−0,22900	−0,25928	−0,28791	−0,31198
	Δ^4	+0,39948	+0,44526	+0,51595	+0,60052	+0,69288	+0,78072	+0,85584
	Δ^6	−0,21433	−0,25781	−0,32504	−0,40323	−0,49323	−0,58164	−0,66002
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	Δ	−0,060826	−0,059773	−0,057756	−0,054804	−0,050829	−0,046050	−0,040908
»	Δ^3	+0,33930	+0,33414	+0,32361	+0,30844	+0,28719	+0,26118	+0,23282
»	Δ^5	−0,41099	−0,40692	−0,39664	−0,38239	−0,35971	−0,33009	−0,29687

Hieraus bekommt man:

$$\tfrac{3}{2} \cdot \tfrac{5}{4} T_2^2$$

	Δ^0	−0,0000628	−0,0000415	−0,0000042	+0,0000441	+0,0001108	+0,0001771	+0,0002383
	Δ^2	+0,01170	+0,01065	+0,00852	+0,00630	+0,00317	−0,00023	−0,00341
	Δ^4	−0,13832	−0,11975	−0,07403	−0,07374	−0,03847	−0,00092	+0,03471
	Δ^6	+0,53888	+0,38598	+0,29123	+0,21536	+0,08536	+0,05669	−0,19260

---

*) Wir können setzen

$$\eta_i = f(\omega)$$

Geometrisch betrachtet bedeutet diese Relation eine Curve, die auf dem Gebiete, über welches sich die obigen Rechnungen erstrecken, aus zwei durch die Abscissenaxe getrennten Zweigen besteht. Von $\omega = 0$ bis zu einem Punkte zwischen 90° — 105° ist der obere Zweig weiter entfernt von der Abscissenaxe als der untere. Jenseits dieses Punktes entfernt sich der untere Zweig mehr als der obere von der Axe. Der obere Zweig gibt also die sechs ersten angeführten Werthe von η_i, und der untere gibt den letzten. Der obere Zweig gibt für ω=105° den für die Reihenentwickelung unbrauchbaren Werth

$$\log \eta_i = 9{,}1667\ldots\ldots$$

Der entsprechende Werth von ξ ist 166° 3′.

	$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$	Δ	−0,001050	−0,001122	−0,001216	−0,001310	−0,000680	−0,001361	−0,001310
	Δ^3	+0,02222	+0,02404	+0,02610	+0,02826	+0,01484	+0,02984	+0,02872
	Δ^5	−0,09131	−0,14500	−0,15763	−0,17243	−0,09140	−0,18526	−0,17940

Beim ersten Anblick dieser Reihen könnte man wohl versucht sein zu glauben, dass zu wenige Glieder berücksichtigt wären, oder dass überhaupt die Methode unsicher wäre, da die g-Coefficienten sehr grosse Zahlen einführen. Eine nähere Betrachtung der Formeln pag. 21 zeigt aber, dass dies nicht der Fall ist. Denn in $T_1^{-\frac{5}{2}}$ ist $\alpha = a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = 0$ und in $T_1^{-\frac{7}{2}}$ ist ausserdem $a_5 = a_6 = 0$. Es wird also bei der Bildung der Producte $\frac{3}{2} T_1^{-\frac{5}{2}} T_2$ und $\frac{3}{2} \cdot \frac{5}{4} T_1^{-\frac{7}{2}} T_2^2$ der Coefficient von Δ mit k', der Coefficient von Δ^2 mit k'^2 u. s. w. multiplicirt.

Durch Anwendung der Formeln pag. 21 gehen nun folgende Reihen für $-\frac{3}{2} T_1^{-\frac{5}{2}} T_2$ und $\frac{3}{2} \cdot \frac{5}{4} T_1^{-\frac{7}{2}} T_2^2$ hervor:

$$-\tfrac{3}{2} T_1^{-\frac{5}{2}} T_2$$

	$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	+0,0100	+0,0103	+0,0109	+0,0114	+0,0122	+0,0131	+ 0,0142
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	−0,3448	−0,3429	−0,3416	−0,3410	−,03418	−0,3474	− 0,3569
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+2,1726	+1,9576	+1,6230	+1,1941	+0,7055	+0,2055	− 0,2787
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+1,3002	+1,1859	+1,1481	+1,3654	+2,0400	+3,3237	+ 5,2792
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+0,2203	+0,3642	+0,5503	+0,7863	+1,0855	+1,3633	+ 1,6161
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	−0,1738	+0,0110	+0,2193	+0,3074	+0,0989	−0,4145	− 2,4923
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	−0,1492	−0,0260	+0,0914	+0,0928	−0,2231	−2,9121	−10,4758
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	−0,2344	−0,0591	+0,0407	+0,0304	−0,2870	−1,4642	+14,1260
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	−0,0163	−0,0512		−0,0191	+0,0700	−0,0770	− 6,4156
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							+ 1,0060
	Δ	−0,0005	−0,0006	−0,0007	−0,0007	−0,0009	−0,0010	− 0,0012
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	−0,0009	−0,0009	−0,0009	−0,0010	−0,0009	−0,0009	− 0,0008
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	+0,0612	+0,0610	+0,0605	+0,0600	+0,0600	+0,0597	+ 0,0600

	$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	−0″,8318	−0″,8422	−0″,8604	−0″,8895	−0″,9289	−0″,9784	−1″,0364
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	−1,0940	−0,9076	−0,6315	−0,3040	+0,0460	+0,4004	+0,7653
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	−0,7294	−0,5736	−0,3199	+0,0437	+0,5857	+1,4125	+2,7019
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	−0,3159	−0,2700	−0,1352	+0,0989	+0,3823	+0,5907	−0,0867
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	−0,1224	−0,1094	−0,0584	+0,0588	+0,1500	−0,2442	−0,6706
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	+0,0007	−0,0452	−0,0301	+0,0345	−0,0792	−0,7765	−4,0613
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+0,0456	+0,0045		+0,0107	−0,0304	+0,3369	+4,8042
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							−1,5283

$$\tfrac{3}{2}\cdot\tfrac{5}{4}\,T_1^{-\frac{7}{2}}\,T_2^{\,2}$$

	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	+0,0001	0,0000	+0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	−0,0001
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	−0,0021	−0,0019	−0,0017	−0,0017	−0,0016	−0,0015	−0,0014
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+0,0093	+0,0101	+0,0118	+0,0128	+0,0151	+0,0176	+0,0204
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+0,0307	+0,0234	+0,0121	−0,0014	−0,0182	−0,0381	−0,0636
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+0,0129	+0,0111	+0,0073	+0,0055	+0,0090	+0,0165	+0,0443
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	−0,0033	−0,0020	+0,0030	+0,0094	+0,0197	+0,0304	−0,0068
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	−0,0055	−0,0019	+0,0012	+0,0058	+0,0243	+0,1168	+0,5385
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	−0,0195	−0,0062	+0,0013	+0,0061	−0,0030	−0,1626	−1,1252
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	+0,0011	−0,0041	−0,0005	+0,0014	−0,0077	+0,0510	+0,8376
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							−0,2214
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	−0,0003	−0,0003	−0,0003	−0,0004	−0,0004	−0,0004	−0,0004
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	+0,0042	+0,0042	+0,0041	+0,0042	+0,0042	+0,0044	+0,0047
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	−0,0147	−0,0140	−0,0125	−0,0118	−0,0105	−0,0097	−0,0087
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	−0,0207	−0,0176	−0,0142	−0,0120	−0,0135	−0,0185	−0,0315
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	−0,0127	−0,0114	−0,0092	−0,0057	+0,0009	+0,0031	+0,0314
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	−0,0075	−0,0059	−0,0045	−0,0016	+0,0050	+0,0516	+0,0979

$\omega_4 =$		15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	+0,0013	−0,0028	−0,0020	+0,0004	+0,0124	−0,0172	−0,0827
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+0,0040	+0,0015	−0,0015	+0,0013	−0,0038	−0,0064	−0,0260
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							+0,0263

Diese Reihen mit denen für $T_1^{-\frac{3}{2}}$ vereinigt geben:

$$(1 + x\,\mathrm{Cos}\,\xi + y\,\mathrm{Sin}\,\xi)^{-\frac{3}{2}}\,(\Delta)^{-3}$$

$\omega_4 =$		15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	+ 0,0101	+ 0,0103	+ 0,0108	+ 0,0114	+ 0,0122	+ 0,0131	+ 0,0141
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	+161,8009	+161,8438	+162,0665	+162,6507	+163,7492	+165,4377	+167,6664
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+ 82,7940	+ 76,2684	+ 69,5719	+ 67,3994	+ 73,5343	+ 89,1108	+111,9111
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+ 26,3450	+ 26,2324	+ 24,8269	+ 19,5475	+ 5,4765	− 25,8214	− 82,6255
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+ 3,8769	+ 6,9144	+ 8,2239	+ 3,9714	− 10,1358	− 37,4654	− 92,8414
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	− 1,4799	+ 1,3940	+ 2,5635	+ 0,4142	− 5,9315	− 20,1690	+ 14,5373
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	− 1,2732	+ 0,0180	+ 0,8872	− 0,2889	− 2,3752	+ 21,7330	+ 46,3966
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	− 1,4742	− 0,5610	+ 0,3549	− 0,2935	+ 0,6156	− 3,0015	+ 20,1412
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	− 0,2311	− 0,0553	− 0,0005	− 0,0177	+ 0,3066	− 0,0260	− 43,7652
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							+ 13,9788
	Δ	− 0,0005	− 0,0006	− 0,0007	− 0,0008	− 0,0009	− 0,0010	− 0,0012
$\frac{\sin\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	− 0,0009	− 0,0009	− 0,0009	− 0,0010	− 0,0009	− 0,0009	− 0,0008
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	+ 0,0609	+ 0,0607	+ 0,0602	+ 0,0598	+ 0,0596	+ 0,0593	+ 0,0596
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	− 24,3117	− 15,7227	− 2,1308	+ 15,4482	+ 35,7333	+ 57,2843	+ 78,5928
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	− 19,0691	− 11,9094	− 1,5327	+ 10,2412	+ 21,5600	+ 30,3555	+ 34,7438
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	− 9,4382	− 5,9990	− 0,7666	+ 4,4650	+ 5,5201	− 3,6581	− 34,1763
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	− 3,4152	− 2,4560	− 0,3208	+ 1,5738	− 0,4137	− 12,8927	− 24,4977
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	− 1,0824	− 1,0164	− 0,1390	+ 0,5133	− 1,1792	− 1,7843	− 10,0131
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	− 0,0987	− 0,2504	− 0,0679	+ 0,0585	− 0,6430	+ 2,0958	+ 48,2062

	$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+ 0″,2509	+ 0″,0060	− 0″,0015	+ 0″,0120	+ 0″,1235	+ 0″,3505	− 30″,2638
	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							+ 6,1418

Um zunächst $(\Delta)^{-3}$ zu erhalten, werden die $(1 + x\,\text{Cos}\,\xi + y\,\text{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}$ in Reihen nach den Vielfachen von ξ entwickelt, und dann diese in Potenzreihen nach Δ. Die letzteren sind:

$$(1 + x\,\text{Cos}\,\xi + y\,\text{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}$$

$\omega_4 =$		15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
	Δ^0	+0,9387987	+0,9382528	+0,9374170	+0,9363912	+0,9352905	+0,9342272	+0,9332871
	Δ^2	+0,120581	+0,121589	+0,123133	+0,125025	+0,127052	+0,129007	+0,130733
	Δ^4	+0,001579	+0,001676	+0,001822	+0,002007	+0,002207	+0,002408	+0,002588
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$	Δ	+0,0356199	+0,0346940	+0,0332069	+0,0312497	+0,0289548	+0,0264920	+0,0240462
	Δ^3	+0,001510	+0,001483	+0,001440	+0,001379	+0,001302	+0,001212	+0,001117
	Δ^5	−0,000028	−0,000027	−0,000027	−0,000026	−0,000025	−0,000025	−0,000023

Aus diesen Reihen für $(1 + x\,\text{Cos}\,\xi + y\,\text{Sin}\,\xi)^{-\frac{3}{2}}(\Delta)^{-3}$ und $(1 + x\,\text{Cos}\,\xi + y\,\text{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}$ wurden die folgenden für $(\Delta)^{-3}$ berechnet:

$$(\Delta)^{-3}$$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	+ 0,2501	+ 0,2506	+ 0,2521	+ 0,2541	+ 0,2576	+ 0,2623	+ 0,2682
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	+151,6270	+151,7151	+151,9947	+152,6235	+153,7326	+155,3807	+157,5123
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+ 77,8474	+ 71,6560	+ 65,2635	+ 63,0692	+ 68,6021	+ 82,8934	+103,8493
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+ 24,8915	+ 24,7144	+ 23,2965	+ 18,2297	+ 4,8984	− 24,5859	− 78,0064
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+ 3,7336	+ 6,5446	+ 7,7192	+ 3,6787	− 9,5661	− 35,1441	− 86,5217
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	− 1,3539	+ 1,3302	+ 2,4071	+ 0,3727	− 5,5613	− 18,6765	+ 13,7900
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	− 1,1817	+ 0,0280	+ 0,8333	− 0,2775	− 2,2137	+ 20,3455	+ 43,9726
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	− 1,3786	− 0,5225	+ 0,3337	− 0,2754	+ 0,5861	− 2,8251	+ 17,8751
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	− 0,2210	− 0,0520	− 0,0005	− 0,0168	+ 0,2852	− 0,0282	− 40,4288
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							+ 12,9798
Δ	− 0,0002	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0003	− 0,0004	− 0,0005

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\frac{\sin\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0004	− 0,0005	− 0,0004
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	+ 0,6548	+ 0,6505	+ 0,6441	+ 0,6371	+ 0,6311	+ 0,6256	+ 0,6223
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	−22,5276	−14,4788	− 1,7461	+14,7122	+33,6876	+53,8229	+73,6998
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	−17,8127	−11,0830	− 1,3473	+ 9,6634	+20,1908	+28,2781	+32,1539
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	− 8,8504	− 5,6059	− 0,6892	+ 4,1970	+ 5,1301	− 3,5466	−32,1800
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	− 3,2132	− 2,3005	− 0,2915	+ 1,4759	− 0,4072	−12,1061	−22,8408
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	− 1,0213	− 0,9539	− 0,1272	+ 0,4798	− 1,1115	− 1,6004	− 9,1467
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	− 0,0982	− 0,2371	− 0,0622	+ 0,0537	− 0,5992	+ 1,9497	+44,9956
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+ 0,2347	+ 0,0054	− 0,0014	+ 0,0111	+ 0,1165	+ 0,3087	−28,3507
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							+ 5,7690

Nach den Formeln in Gyldén's Abhandlung «Ueber eine Methode, die Störungen eines Cometen etc.», welche auch von Asten reproducirt sind, habe ich mit den Daten in Asten's Abhandlung folgende Ausdrücke für $\frac{r'}{a'}\cos f''$ und $\frac{r'}{a'}\sin f''$ abgeleitet:

$\frac{r'}{a'}\cos f''$

	Cos $0\omega_4$	Cos ω_4	Cos $2\omega_4$	Cos $3\omega_4$	Cos $4\omega_4$	Cos $5\omega_4$	Cos $6\omega_4$
Cos c'_1	$8{,}8594725_n$						
Cos c'_1	9,9922508	8,342840	$7{,}69377_n$	$6{,}4903_n$	5,450	4,519	3,48
Sin c'_1	$9{,}1745514_n$	9,1650194	7,58202	$6{,}7334_n$	$5{,}556_n$	4,379	3,48
Cos $2c'_1$	8,351933	7,31851	$6{,}6598_n$	$5{,}538_n$	4,467	3,598	
Sin $2c'_1$	$7{,}84552_n$	7,82969	6,4668	$5{,}588_n$	$4{,}571_n$	3,321	
Cos $3c'_1$	6,8718	6,2146	$5{,}539_n$	$4{,}534_n$	3,417		
Sin $3c'_1$	$6{,}5593_n$	6,5324	5,403	$4{,}491_n$	$3{,}608_n$		
Cos $4c'_1$	5,448	5,077	$4{,}376_n$	$3{,}508_n$			
Sin $4c'_1$	$5{,}288_n$	5,244	4,332	$3{,}382_n$			
Cos $5c'_1$	4,046	3,919	$3{,}182_n$				
Sin $5c'_1$	$4{,}020_n$	3,952	3,243				

$\frac{r'}{a'}\sin f''$

Cos c'_1	9,1743027	$9{,}1647707_n$	$7{,}58177_n$	6,7332	5,555	$4{,}379_n$	$3{,}48_n$
Sin c'_1	9,9920021	8,342591	$7{,}69352_n$	$6{,}4901_n$	5,449	4,518	3,48
Cos $2c'_1$	7,84534	$7{,}82952_n$	$6{,}4666_n$	5,588	4,571	$3{,}301_n$	
Sin $2c'_1$	8,351763	7,31834	$6{,}6596_n$	$5{,}538_n$	4,467	3,598	

	Cos $0\omega_4$	Cos ω_4	Cos $2\omega_4$	Cos $3\omega_4$	Cos $4\omega_4$
Cos $3c'_1$	6,5592	$6{,}5323_n$	5,403$_n$	4,491	3,609
Sin $3c'_1$	6,8717	6,2145	$5{,}539_n$	$4{,}534_n$	3,417
Cos $4c'_1$	5,287	$5{,}243_n$	$4{,}331_n$	3,381	
Sin $4c'_1$	5,447	5,076	$4{,}375_n$	$3{,}507_n$	
Cos $5c'_1$	4,019	$3{,}950_n$	$3{,}242_n$		
Sin $5c'_1$	4,045	3,918	$3{,}181_n$		

In diesen Ausdrücken wurden ω_4 nun der Reihe nach die Werthe 15°, 30° etc. zugetheilt, und dann ξ durch die Relation

$$c'_1 = \xi + 147^\circ 42'$$

eingeführt. Auf diese Weise wurden die speciellen Werthe von $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ berechnet.

Um gegen etwaige Fehler sicher zu sein, wurden dieselben speciellen Werthe auch auf anderem Wege berechnet.

Für $\omega_4 = 0$ wird $c'_1 = g'$, der mittleren Anomalie des Jupiter. Die obigen Ausdrücke müssen also für $\omega_4 = 0$ dieselben Reihen geben für $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$, welche Asten in seiner Abhandlung pag. 45 angeführt hat, nämlich:

$\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' =$		$\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f' =$	
	$8{,}8594725_n$		
+9,9996166	Cos g'	9,9993679	Sin g'
+8,3816781	Cos $2g'$	+8,3815076	Sin $2g'$
+6,93980	Cos $3g'$	+6,93970	Sin $3g'$
+5,5724	Cos $4g'$	+5,5712	Sin $4g'$
+4,245	Cos $5g'$	+4,245	Sin $5g'$

Es ist aber

$$g' = c'_1 - \eta_0 - \eta_1 \operatorname{Cos} \omega_4 - \eta_2 \operatorname{Cos} 2\omega_4 - \ldots\ldots \text{*)}$$

oder

$$g' = \xi + \varphi$$

wo also φ für specielle Werthe von ω_4 entsprechende specielle Werthe erhält. Für φ ergibt sich der Ausdruck

$$\begin{aligned} \varphi = 156^\circ 21' 4''{,}64 &- 30611''{,}89 \operatorname{Cos} \omega_4 \\ &- 629{,}57 \operatorname{Cos} 2\omega_4 \\ &+ 92{,}47 \operatorname{Cos} 3\omega_4 \\ &+ 4{,}75 \operatorname{Cos} 4\omega_4 \\ &- 0{,}34 \operatorname{Cos} 5\omega_4 \\ &- 0{,}03 \operatorname{Cos} 6\omega_4 \end{aligned}$$

*) Asten a. a. O.

woraus

ω_4	φ	ω_4	φ	ω_4	φ
15	148° 0′ 18″,3	75°	154° 17′ 3″,5	135°	162° 22′ 51″,0
30	148 53 57,1	90	156 31 39,0	150	163 37 37,9
45	150 19 8,8	105	158 43 20,9	165	164 23 45,3
60	152 9 38,5	120	160 42 55,6		

Wenn diese Werthe in

$$g' = \xi + \varphi$$

substituirt werden, und dann die g' in die letzten Ausdrücke für $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$, so erhält man wiederum diese Grössen als Reihen nach den Vielfachen von ξ.

Die in beiderlei Weisen ermittelten Reihen sind:

$$\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0ξ	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*	8,8594725*n*
Cos ξ	9,9280611*n*	9,9322221*n*	9,9385351*n*	9,9461973*n*	9,9543220*n*	9,9621053*n*	9,9689553*n*	9,9745380*n*	9,9787504*n*	9,9816379*n*	9,9833075*n*
Cos 2ξ	8,023680	8,050399	8,088919	8,132830	8,176482	8,215905	8,248927	8,274805	8,293772	3,306511	8,313791
Cos 3ξ	5,95809	5,7007	5,1584*n*	5,9926*n*	6,28735*n*	6,46509*n*	6,58398*n*	6,66578*n*	6,72066*n*	6,75565*n*	6,77510*n*
Cos 4ξ	5,3598*n*	5,3243*n*	5,2529*n*	5,1335*n*	4,9191*n*	4,4150*n*	4,4926	4,9294	5,0969	5,1903	5,2330
Cos 5ξ	4,230	4,204	4,176	4,114	4,041	3,954	3,779	3,477	3,000	3,000*n*	3,6021*n*
Sin ξ	9,7237650*n*	9,7127247*n*	9,6943700*n*	9,6689277*n*	9,6370136*n*	9,5998367*n*	9,5593862*n*	9,5184725*n*	9,4806136*n*	9,4496911*n*	9,4293498*n*
Sin 2ξ	8,335299	8,328424	8,316380	8,298591	8,274804	8,245417	8,211809	8,176485	8,142838	8,114801	8,096177
Sin 3ξ	6,93742*n*	6,93902*n*	6,93972*n*	6,93702*n*	6,92881*n*	6,91387*n*	6,89292*n*	6,86753*n*	6,84130*n*	6,81849*n*	6,80284*n*
Sin 4ξ	5,4669	5,4886	5,5159	5,5403	5,5611	5,5747	5,5717	5,5613	5,5478	5,5315	5,5198
Sin 5ξ	3,778*n*	3,845*n*	3,954*n*	4,041*n*	4,114*n*	4,176*n*	4,205*n*	4,230*n*	4,230*n*	4,230*n*	4,255*n*

$$\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$$

Cos ξ	9,7235162	9,7124760	0,6941213	9,6686791	9,6367649	9,5995880	9,5591375	9,5182238	9,4803649	9,4494424	9,4291011
Cos 2ξ	8,335131*n*	8,328254*n*	8,316220*n*	8,298421*n*	8,274634*n*	8,245247*n*	8,211638*n*	8,176315*n*	8,142668*n*	8,114631*n*	8,095964*n*
Cos 3ξ	6,93752	6,93892	6,93962	6,93692	6,92865	6,91377	6,89282	6,86743	6,84120	6,81839	6,80250
Cos 4ξ	5,4654*n*	5,4874*n*	5,5147*n*	5,5391*n*	5,5599*n*	5,5735*n*	5,5705*n*	5,5603*n*	5,5466*n*	5,5303*n*	5,5172*n*
Cos 5ξ	3,699	3,844	3,952	4,041	4,114	4,175	4,204	4,230	4,230	4,230	4,230
Sin ξ	9,9278125*n*	9,9319734*n*	9,9382864*n*	9,9459484*n*	9,9540733*n*	9,9618566*n*	9,9687066*n*	9,9742893*n*	9,9785017*n*	9,9813892*n*	9,9830588
Sin 2ξ	8,023507	8,050239	8,088748	8,132660	8,176306	8,215135	8,248756	8,274635	8,293603	8,306341	8,313618
Sin 3ξ	5,9576	5,7006	5,1583*n*	5,9925*n*	6,28725*n*	6,46499*n*	6,58388*n*	6,66568*n*	6,72056*n*	6,75555*n*	6,77503*n*
Sin 4ξ	5,3579*n*	5,3231*n*	5,2517*n*	5,1323*n*	4,9138*n*	4,4138*n*	4,4914	4,9187	5,0957	5,1891	5,2405
Sin 5ξ	4,2304	4,203	4,175	4,113	4,040	3,953	3,778	3,477	3,000	3,000*n*	3,602*n*

Die den Werthen $\omega_4 = 15° \ldots 105°$ entsprechenden Reihen in Potenzreihen nach Δ verwandelt, sind:

$$\frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
Δ^0	9,9069399	9,9118330	9,9192504	9,9282426	9,9377649	9,9468773	9,9548880
Δ^2	0,2553369*n*	0,2608343*n*	0,2691803*n*	0,2793210*n*	0,2900838*n*	0,3004101*n*	0,3095090*n*
Δ^4	8,887824	8,930093	8,989113	9,054195	9,116841	9,172177	9,217667
Δ^6	8,05409	7,97163	7,79460	7,30775	7,44797*n*	7,90428*n*	8,11394*n*
Δ^8	7,73370*n*	7,70220*n*	7,65031*n*	7,55823*n*	7,41982*n*	7,15746*n*	6,4120*n*
Δ^{10}	6,9660	6,9397	6,9117	6,8495	6,7770	6,6387	6,4346
$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\ \Delta$	9,7608907*n*	9,7502420*n*	9,7324894*n*	9,7077890*n*	9,6766803*n*	9,6402907*n*	9,6005470*n*
» Δ^3	9,014095	9,008809	8,999205	8,984346	8,963788	8,937463	8,906607
» Δ^5	8,239643*n*	8,245596*n*	8,252885*n*	8,257102*n*	8,257461*n*	8,249820*n*	8,234914*n*
» Δ^7	7,35626	7,38475	7,42594	7,46258	7,50207	7,52366	7,53067
» Δ^9	6,2073	6,2746*n*	6,3835*n*	6,4707*n*	6,5754*n*	6,6335*n*	6,6597*n*

$$\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$$

Δ^0	9,7554743*n*	9,7426362*n*	9,7245925*n*	9,6995330*n*	9,6680338*n*	9,6312633*n*	9,5911773*n*
Δ^2	0,1032621	0,0930163	0,0758815	0,0519393	0,0216592	9,9860757	9,9470567
Δ^4	9,354538*n*	9,350154*n*	9,341807*n*	9,328418*n*	9,309562*n*	9,284795*n*	9,255321*n*
Δ^6	8,571486	8,580274	8,589678	8,596102	8,599649	8,594308	8,581239
Δ^8	7,66389*n*	7,70658*n*	7,75053*n*	7,78946*n*	7,83365*n*	7,85736*n*	7,86560*n*
Δ^{10}	6,4346	6,5796	6,6886	6,7756	6,8817	6,9397	6,9660
$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\ \Delta$	9,9385631*n*	9,9433709*n*	9,9506684*n*	9,9595316*n*	9,9689358*n*	9,9779541*n*	9,9858955*n*
Δ^3	8,603200	8,639239	8,690259	8,747296	8,802909	8,852477	8,893409
Δ^5	7,64366	7,54700	7,32367	6,3564	7,28717*n*	7,62742*n*	7,80499*n*
Δ^7	7,38693*n*	7,35510*n*	7,30079*n*	7,20564*n*	7,06040*n*	6,7788*n*	6,0817*n*
Δ^9	6,6597	6,6326	6,6044	6,5423	6,4707	6,3324	6,2075

Es ist vielleicht überflüssig zu bemerken, dass in allen Ausdrücken für $\frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ die Coefficienten logarithmisch angesetzt sind.

Die letzten Ausdrücke für $\frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ verbunden mit den für $(\Delta)^{-3}$ früher ermittelten geben schliesslich:

$$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	— 3″,3426	— 3″,3478	— 3″,3594	— 3″,3834	— 3″,4221	— 3″,4781	— 3″,5490
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	+126,7247	+126,1081	+125,3263	+124,6850	+124,4899	+124,9679	+126,2037
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	+ 61,1024	+ 57,1077	+ 53,5738	+ 54,1870	+ 62,1658	+ 78,8706	+102,8025
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	+ 17,7053	+ 18,6551	+ 19,0124	+ 16,6151	+ 7,6707	— 14,6793	— 56,6209
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	+ 1,5885	+ 4,4809	+ 6,2594	+ 3,7312	— 6,9772	— 28,9358	— 79,9631
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	— 1,6326	+ 0,7468	+ 1,9403	+ 0,5497	— 4,6147	— 19,0707	+ 9,0343
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	— 1,1622	— 0,1462	+ 0,6688	— 0,1312	— 2,0392	+ 17,3683	+ 29,2929
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	— 1,1952	— 0,4868	+ 0,2623	— 0,2234	+ 0,3479	— 2,1775	+ 30,3487
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	— 0,1175	— 0,0410	— 0,0007	— 0,0117	+ 0,2720	+ 0,0357	— 42,8933
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							+ 12,7336
Δ	— 0,0096	— 0,0099	— 0,0106	— 0,0115	— 0,0130	— 0,0139	— 0,0150
Δ^3	— 0,0003	— 0,0005	— 0,0004	— 0,0005	— 0,0002	— 0,0003	— 0,0003
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$ $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	— 0,0097	— 0,0098	— 0,0097	— 0,0096	— 0,0093	— 0,0089	— 0,0087
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	— 8,5711	— 8,5127	— 8,4304	— 8,3389	— 8,2529	— 8,1833	— 8,1318
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	— 22,7209	— 15,9981	— 5,2866	+ 8,7193	+ 25,1388	+ 42,9672	+ 61,0842
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	— 15,7604	— 10,4494	— 2,4837	+ 7,0743	+ 17,1179	+ 26,2324	+ 33,1766
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	— 7,3102	— 4,9293	— 1,0232	+ 3,3179	+ 4,9529	— 1,1636	— 24,6560
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	— 2,4862	— 1,9390	— 0,3817	+ 1,2193	— 0,0371	— 9,7759	— 20,9601
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	— 0,7476	— 0,7752	— 0,1536	+ 0,4210	— 0,8335	— 2,4391	— 11,2732
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	+ 0,0031	— 0,1613	— 0,0713	+ 0,0606	— 0,5525	+ 1,8532	+ 40,4667
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	+ 0,2033	+ 0,0075	— 0,0011	+ 0,0103	+ 0,0860	+ 0,2745	— 23,9249
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							+ 4,6319
» Δ^2	+ 0,0008	+ 0,0008	+ 0,0009	+ 0,0010	+ 0,0008	+ 0,0009	+ 0,0010

$$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f''$$

$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	+ 1,8038	+ 1,7922	+ 1,7749	+ 1,7567	+ 1,7398	+ 1,7261	+ 1,7170

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	− 75″,6842	− 76″,3204	− 78″,7182	− 81″,3505	− 84″,6313	− 88″,3985	− 92″,3998
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	− 45,5456	− 40,5626	− 34,4376	− 29,2872	− 26,3082	− 25,0016	− 23,6117
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	− 17,5253	− 15,7132	− 12,5076	− 6,8503	+ 3,8768	+ 23,6713	+ 57,5805
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	− 4,3278	− 4,8971	− 4,2184	− 0,7266	+ 6,6996	+ 18,5358	+ 29,9081
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	− 0,1021	− 1,2633	− 1,3303	+ 0,2156	+ 2,8592	+ 3,7547	− 10,5677
$\left(\frac{k}{\Delta}\right)^{13}$	+ 0,2898	− 0,3051	− 0,4629	+ 0,3096	+ 0,8273	− 10,2646	− 40,9598
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	+ 0,6470	+ 0,1924	− 0,2014	+ 0,1551	− 0,5697	+ 1,9085	+ 24,7345
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	+ 0,2168	+ 0,0307	− 0,0003	+ 0,0130	− 0,0840	+ 0,1441	+ 1,0163
$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{19}$							− 2,5507
Δ	+ 0,0165	+ 0,0200	+ 0,0206	+ 0,0208	+ 0,0199	+ 0,0190	+ 0,0169
Δ^2	− 0,0013	− 0,0014	− 0,0019	− 0,0020	− 0,0019	− 0,0022	− 0,0013
$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	− 0,0048	− 0,0049	− 0,0055	− 0,0058	− 0,0062	− 0,0067	− 0,0073
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	− 15,1615	− 15,1914	− 15,2576	− 15,3803	− 15,5745	− 15,8466	− 16,1866
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	+ 5,0801	+ 0,9362	− 5,4875	− 13,5413	− 22,4413	− 31,3438	− 39,4515
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	+ 7,5900	+ 3,6626	− 4,5776	− 6,6040	− 9,8380	− 9,5768	− 4,6047
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	+ 4,6120	+ 2,4344	− 0,3949	− 2,4491	− 1,4146	+ 5,0416	+ 21,5068
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	+ 1,9350	+ 1,1294	− 0,0830	− 0,7697	+ 0,7437	+ 7,1115	+ 7,3505
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	+ 0,6898	+ 0,5212	− 0,0147	− 0,2118	+ 0,7362	+ 1,4159	− 0,6225
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	+ 0,1906	+ 0,1814	+ 0,0003	+ 0,0007	+ 0,2206	− 0,5357	− 19,7592
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	− 0,1119	+ 0,0020	+ 0,0007	− 0,0039	− 0,0834	− 0,1292	+ 15,4191
» $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{18}$							− 3,6300
» Δ^2	− 0,0002	− 0,0003	− 0,0005	− 0,0003	+ 0,0001	− 0,0002	+ 0,0005

Bei der Beurtheilung der Convergenz dieser Reihen darf man nicht vergessen, dass die Entwickelung ursprünglich nach den Potenzen von η bewerkstelligt worden, und nachher die Glieder nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ geordnet sind.

Zu den Vorzügen der jetzt angewandten Methode, die Grössen $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\,\text{Cos}\,f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\,\text{Sin}\,f'$ zu entwickeln, gehört auch die leichte Prüfung der Rechnung.

Es wurde eine vorläufige Controle für $\xi = 180°$ ausgeführt. Aus den Ausdrücken für $(\Delta)^3$ auf pag. 23 wurden für diesen Werth von $\xi(\Delta)^{-3}$, $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ direct berechnet und die Producte $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ gebildet, für die entsprechenden Werthe $\left(\frac{k'}{\Delta}\right) = 1$ und $\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta} = 0$ müssen dann die angeführten Potenzreihen dasselbe Resultat liefern. Die vollständige Controle wurde für denjenigen Werth von ξ, welcher der Berechnung von η zu Grunde gelegt worden ist, ausgeführt. Da die Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ schon in den früheren Rechnungen berechnet sind, so sieht man, dass die Controle leicht ist; dass sie auch hinreichend ist, sieht man ohne Schwierigkeit ein.

Der nächste Schritt wäre nun, $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ durch die Tafeln in trigonometrische Reihen nach x zu entwickeln. Es wurde aber vorgezogen, diese Verwandlung aufzuschieben, bis diejenigen Theile der Differentialquotienten der Elemente, welche Functionen von $(\Delta)^{-3}$ sind, gebildet waren. Dieses Verfahren wurde nur bei den sechs ersten speciellen Werthen angewandt; bei $\omega_4 = 105$ erwies es sich als unzuverlässig.

Aus der Grösse der Coefficienten sieht man, dass für $\omega_4 = 105$ die Grenze der bequemen Anwendung der Formel II schon überschritten ist. In der That sind die Coefficienten für die höheren Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ so gross, dass die vorhandenen Tafeln nicht hinreichend genau sind, um einen sicheren Uebergang zu trigonometrischen Reihen zu gestatten, abgesehen davon, dass sie nur die 17 ersten Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ in Reihen nach den Vielfachen von x geben. Es war deshalb nöthig, für den genannten Specialwerth von ω_4 einen anderen Weg einzuschlagen, um die Ausdrücke für $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ in trigonometrische Reihen zu verwandeln.

Wird $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-2}$ zweimal in Bezug auf x differentiirt, so erhalten wir

$$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^m = \frac{m-2}{m-1}(1 + k'^2)\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-2} - \frac{m-3}{m-1}k'^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-4} - \frac{1}{(m-1)(m-2)}\cdot\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 D^2{}_x\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-2} \ldots . \quad (\beta)$$

Differentiiren wir diese Gleichung und berücksichtigen die Relation

$$D_x\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^m = m\,\frac{k^2}{2}\cdot\frac{2K}{\pi}\cdot\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^m$$

so geht

$$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^m = \frac{(m-2)}{m}\frac{(m-2)}{(m-1)}(1 + k'^2)\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-2} - \frac{(m-3)}{m}\frac{(m-4)}{(m-1)}k'^2\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\cdot\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-4} \ldots . \quad (\gamma)$$
$$- \frac{1}{m(m-1)(m-2)}\cdot\frac{2}{k^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^3 D^3{}_x\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m-2}$$

hervor.

Mit Hülfe der Gleichungen (β) und (γ) leitete ich aus den früher für $\omega_4 = 105$ gegebenen Potenzreihen die folgenden ab:

$(\Delta)^{-3}$		$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$		$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$	
9,42846	$\frac{k'}{\Delta}$	$0{,}55011_n$	$\frac{k'}{\Delta}$	0,23477	$\frac{k'}{\Delta}$
2,1973144	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	2,1010721	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	$1{,}965671_n$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$
2,0180580	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	2,0137598	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	$1{,}373127_n$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$
$2{,}0693091_n$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	$1{,}990681_n$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	1,762335	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$
6,699	Δ	$8{,}1761_n$	Δ	0,62799	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$
9,172173	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	6,477	Δ^3	8,2279	Δ
$8{,}998816_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	9,195091	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	$7{,}114_n$	Δ^3
$8{,}713939_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	$8{,}897753_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	8,777627	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$
7,965769	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	$8{,}644194_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	8,435674	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$
$8{,}346112_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	$7{,}045362_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	$8{,}388202_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$
$7{,}906364_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	8,386059	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	7,051415	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$
		$7{,}898047_n$	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$	7,199756	$D_x^2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$
$6{,}4771_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	$7{,}93952_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$	$7{,}86381_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^0$
9,79400	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	$0{,}91018_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	$1{,}209156_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$
1,867466	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	1,785929	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	$1{,}596064_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$
1,507234	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	1,520832	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	$0{,}663201_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$
$1{,}507586_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	$1{,}391923_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	1,332576	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$
$1{,}362236_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	$1{,}324986_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	0,870398	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$
1,060637	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	0,904055	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	$0{,}921510_n$	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$
		7,000	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\Delta^2$	6,699	$\frac{\operatorname{Sin}\xi}{\Delta}\Delta^2$
$7{,}292711_n$	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	$7{,}263591_n$	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	6,864154	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$
7,068627	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	6,999281	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	$6{,}789696_n$	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$
$6{,}295781_n$	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	$6{,}200442_n$	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$	6,094591	$D_x^3\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$

Diese Reihen können leicht und sicher durch die Tafel II im Anhange und durch Tafel 2 des «Recueil de Tables» in trigonometrische Reihen verwandelt werden.

Aus den Tafeln 2 *) der «Recueils de Tables» lassen sich nämlich einfach durch Differentiation Tafeln für $D_x^s \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^i$ und $D_x^s \left(\frac{k'}{\Delta}\right)^i$ ableiten. Da diese wohl nur ausnahmsweise Anwendung finden würden, so sind sie hier nicht aufgenommen.

In den jetzt angeführten Reihen sind die Coefficienten in Secunden ausgedrückt und logarithmisch angesetzt.

III.

Die in dem vorigen Abschnitte auseinandergesetzte und angewandte Methode leidet freilich an dem Mangel, dass sie verhältnissmässig wenig verwendbar ist. Da sie aber gerade bei kleinen Entfernungen der beiden Himmelskörper eine sehr leichte Entwickelung für die Haupttheile der Störungsfunction ermöglicht, so darf ihre Bedeutung in der Störungstheorie nicht unterschätzt werden. Wo man diese Methode überhaupt anwenden kann, ist sie immer die zweckmässigste, und das, was man an Gleichförmigkeit der Operationen durch die Nothwendigkeit, sogar in derselben Abtheilung der Bahn eine zweite Methode herbeiziehen zu müssen, opfert, wird durch die geringere Arbeit reichlich ersetzt.

Die Formel III hätte wohl der Entwickelung sämmtlicher Partialwerthe zu Grunde gelegt werden können; die practischen Schwierigkeiten wären aber dabei recht bedeutend geworden, denn bei einigen Partialwerthen wäre man genöthigt gewesen, die Entwickelung bis zum 20-fachen des Argumentes zu treiben, d. h. trigonometrische Reihen herzustellen, deren Gliederanzahl 41 betrüge, während die entsprechenden Reihen nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ im Allgemeinen nicht mehr als 21 Glieder enthalten. Aber gerade da, wo die Formel II ihre Brauchbarkeit verliert, bietet die Formel III weiter keine wesentlichen Schwierigkeiten. Für die vier letzten Partialwerthe von ω_4 konnte diese Formel mit Vortheil angewandt werden.

Nach Hansen's bekannter Methode wurde

$$\{1 + \Phi_1 \cos(\psi - \Lambda_1)\}^{-\frac{n}{2}}$$

in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen von ψ entwickelt. Es ergab sich:

---

*) Die obere Hälfte dieser Tafel wurde natürlich vor der Anwendung corrigirt; wie man leicht einsieht, haben die Glieder dort durchgängig falsche Vorzeichen erhalten.

$$T_1^{-\frac{3}{2}}$$

$\omega_4 =$	120°		135°		150°		165°	
	$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{3}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{3}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{3}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{3}{2}}$	
i	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+15″6156		+14″4709		+13″6299		+13″1219	
1	+ 5,9845	−20″2358	+ 6,2181	−17″9421	+ 6,2769	−16″2725	+ 6,2688	−15″2725
2	−10,5750	− 6,8531	− 8,6138	− 6,7856	− 7,2552	− 6,5749	− 6,4718	− 6,3894
3	− 5,4198	+ 4,6423	− 5,0506	+ 3,2370	− 4,6469	+ 2,3392	− 4,3607	+ 1,8556
4	+ 1,6026	+ 3,5811	+ 0,7456	+ 3,0959	+ 0,2629	+ 2,6683	+ 0,0307	+ 2,3945
5	+ 2,0977	− 0,2812	+ 1,6503	+ 0,1610	+ 1,3061	+ 0,3614	+ 1,1034	+ 0,4364
6	+ 0,1731	− 1,1133	+ 0,3558	− 0,7740	+ 0,4025	− 0,5427	+ 0,4021	− 0,4179
7	− 0,5370	− 0,2539	− 0,3128	− 0,3000	− 0,1785	− 0,2819	− 0,1132	− 0,2568
8	− 0,2071	+ 0,2317	− 0,1948	+ 0,0996	− 0,1603	+ 0,0319	− 0,1347	+ 0,0035
9	+ 0,0853	+ 0,1376	+ 0,0152	+ 0,1087	− 0,0136	+ 0,0784	− 0,0229	+ 0,0601
10	+ 0,0807	− 0,0220	+ 0,0538	+ 0,0106	+ 0,0331	+ 0,0193	+ 0,0223	+ 0,0209
11	+ 0,0069	− 0,0431	+ 0,0137	− 0,0236	+ 0,0147	− 0,0114	+ 0,0132	− 0,0060
12	− 0,0210	− 0,0067	− 0,0088	− 0,0103	− 0,0026	− 0,0086	− 0,0003	− 0,0068
13	− 0,0064	+ 0,0094	− 0,0062	+ 0,0024	− 0,0044	− 0,0003	− 0,0030	− 0,0011
14	+ 0,0037	+ 0,0045	+ 0,0002	+ 0,0033	− 0,0009	+ 0,0020	− 0,0010	+ 0,0011
15	+ 0,0027	− 0,0011	+ 0,0016	+ 0,0002	+ 0,0007	+ 0,0007	+ 0,0003	+ 0,0006
16	− 0,0002	− 0,0015	+ 0,0005	− 0,0006	+ 0,0005	− 0,0002	+ 0,0003	
17	− 0,0007	− 0,0001	− 0,0002	− 0,0001	− 0,0002	− 0,0003		
18	− 0,0003	+ 0,0003	− 0,0002					

$$T_1^{-\frac{5}{2}}$$

	$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{5}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{5}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{5}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{5}{2}}$	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+ 4,901		+ 4,176		+ 3,680		+ 3,397	
1	+ 2,404	− 8,129	+ 2,327	− 6,714	+ 2,222	− 5,761	+ 2,143	− 5,221
2	− 5,304	− 3,437	− 4,055	− 3,195	− 3,250	− 2,945	− 2,809	− 2,774
3	− 3,279	+ 2,809	− 2,881	+ 1,847	− 2,532	+ 1,274	− 2,308	+ 0,982
4	+ 1,138	+ 2,543	+ 0,501	+ 2,081	+ 0,169	+ 1,716	+ 0,019	+ 1,498
5	+ 1,712	− 0,230	+ 1,278	+ 0,125	+ 0,968	+ 0,268	+ 0,796	+ 0,315
6	+ 0,160	− 1,027	+ 0,312	− 0,678	+ 0,338	− 0,455	+ 0,329	− 0,342
7	− 0,552	− 0,261	− 0,306	− 0,293	− 0,168	− 0,266	− 0,104	− 0,236
8	− 0,236	+ 0,263	− 0,210	+ 0,107	− 0,167	+ 0,033	− 0,137	+ 0,004
9	+ 0,106	+ 0,171	+ 0,018	+ 0,129	− 0,015	+ 0,089	− 0,026	+ 0,067
10	+ 0,109	− 0,030	+ 0,069	+ 0,014	+ 0,041	+ 0,025	+ 0,027	+ 0,025
11	+ 0,001	− 0,062	+ 0,019	− 0,032	+ 0,020	− 0,015	+ 0,017	− 0,008
12	− 0,033	− 0,011	− 0,013	− 0,015	− 0,004	− 0,012		− 0,010
13	− 0,011	+ 0,016	− 0,010	+ 0,004	− 0,007	− 0,001		
14	+ 0,006	+ 0,008		+ 0,006				
15	+ 0,005	− 0,002						

$$T_1^{-\frac{7}{2}}$$

	$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{7}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{7}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{7}{2}}$		$(1-k_1 \sin\psi)^{\frac{7}{2}}$	
i	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+ 1,84		+ 1,44		+ 1,18		+ 1,04	
1	+ 0,97	− 3,29	+ 0,87	− 2,50	+ 0,78	− 2,02	+ 0,72	− 1,75
2	− 2,39	− 1,55	− 1,70	− 1,34	− 1,29	− 1,17	− 1,07	− 1,05
3	− 1,65	+ 1,41	− 1,35	+ 0,86	− 1,14	+ 0,57	− 0,99	+ 0,43
4	+ 0,64	+ 1,42	+ 0,26	+ 1,10	+ 0,08	+ 0,86	+ 0,01	+ 0,72
5	+ 1,07	− 0,14	+ 0,75	+ 0,07	+ 0,54	+ 0,15	+ 0,43	+ 0,17

$\omega_4 =$	120°		135°		150°		165°	
6	+ 0".11	— 0".70	+ 0".20	— 0".44	+ 0".21	— 0".28	+ 0".19	— 0".20
7	— 0,41	— 0,20	— 0,22	— 0,21	— 0,11	— 0,18	— 0.06	— 0,14
8	— 0,19	+ 0,21	— 0,16	+ 0,08	— 0.13	+ 0,03	— 0,10	0,00
9	+ 0,09	+ 0,15	+ 0,01	+ 0,10	— 0,01	+ 0,07	— 0,02	+ 0,06
10	+ 0,10	— 0,03	+ 0,06	+ 0,01	+ 0,03	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,03
11	0,00	— 0,06	+ 0,01	— 0,03	+ 0,02	— 0,01	+ 0,02	— 0,01

Für $\omega_4 = 165°$ wurde $(\Delta)^{-3}$ genau nach den Vorschriften im «Recueil de Tables» entwickelt. Wie die Entwickelung für die übrigen drei Partialwerthe bewerkstelligt worden ist, soll jetzt auseinandergesetzt werden.

Setzen wir

$$T_1^{-\frac{3}{2}} = (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{\frac{3}{2}}\, S^{(3)}$$

$$T_1^{-\frac{5}{2}} = (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{\frac{5}{2}}\, S^{(5)}$$

$$T_1^{-\frac{7}{2}} = (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{\frac{7}{2}}\, S^{(7)}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

wo die $S^{(n)}$ nach den Cosinus und Sinus der Vielfachen von ψ fortschreitende Reihen bedeuten, so kann man schreiben:

$$(\Delta)^{-3} = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}}\, (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, \sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi}$$
$$\left\{S^{(3)} - \tfrac{3}{2}(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) T_2 \left(S^{(5)} - \tfrac{5}{4}(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) T_2 \left(S^{(7)} - \tfrac{7}{6}(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) T_2 (S^{(9)} - \cdots)\right)\right)\right\}$$

oder, da höhere Potenzen von T_2 als die zweite vernachlässigt werden können:

$$(\Delta)^{-3} = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}}\, (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, \sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi}$$
$$\left\{S_1^{(3)} - \tfrac{3}{2}\,(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, T_2\, [S^{(5)} - \tfrac{5}{4}\,(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, T_2\, S^{(7)}]\right\}.$$

Um nun zuerst den Ausdruck innerhalb der Klammer $\{\ \}$ auf die Form

$$\sum \begin{matrix} a_n \operatorname{Cos} \\ b_n \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} n\psi$$

die wir mit S bezeichnen wollen, zu bringen, wird das Hauptgeschäft darin bestehen, die Coefficienten $\varkappa$ und λ in der Reihe

$$(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) \begin{matrix} \operatorname{Cos} \\ \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} i\xi\, S^{(n)} = \varkappa_0 + \varkappa_1 \operatorname{Cos}\psi + \varkappa_2 \operatorname{Cos} 2\psi + \ldots\ldots \Big\}$$
$$+ \lambda_1 \operatorname{Sin}\psi + \lambda_2 \operatorname{Sin} 2\psi + \ldots\ldots \Big\} \ldots\ldots\ldots (A)$$

zu ermitteln. Da T_2 von der Form

$$M_3 \operatorname{Cos} 3\xi + M_4 \operatorname{Cos} 4\xi + \ldots\ldots$$
$$+ N_3 \operatorname{Sin} 3\xi + N_4 \operatorname{Sin} 4\xi + \ldots\ldots$$

ist, so ist hier der niedrigste Werth von $i = 3$.

Sind die $\varkappa$ und λ bestimmt, so hat die Herstellung von S weiter keine Schwierigkeiten, und wir bekommen:

$$(\Delta)^{-3} = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) \sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi}\, S,$$

woraus

$$(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f' = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f' (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) \sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi}\, S,$$

$$(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f' = (1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f' (1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) \sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi}\, S.$$

Da sowohl $(1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}}$ wie $(1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $(1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ durch trigonometrische Reihen nach den Vielfachen von ξ angegeben werden, so müssen wir die durch die Formel (A) angedeuteten Operationen wiederholen, um jeden der drei angeführten Ausdrücke unter die folgende Form stellen zu können:

$$\sqrt{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi} \left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 + \alpha_1 \operatorname{Cos}\psi + \alpha_2 \operatorname{Cos} 2\psi + \ldots\ldots \\ + \beta_1 \operatorname{Sin}\psi + \beta_2 \operatorname{Sin} 2\psi + \ldots\ldots \end{array} \right\}$$

Es muss aber bemerkt werden, dass i hier auch die Werthe 0, 1, 2 annimmt.

Der Definition von ψ zufolge leitet man leicht die beiden Relationen ab:

$$\left. \begin{array}{l} \operatorname{Cos}\xi = \frac{\operatorname{Sin}\psi - k_1}{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi} \\ \operatorname{Sin}\xi = \frac{\sqrt{1 - k_1^2}\, \operatorname{Cos}\psi}{1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi} \end{array} \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (B)$$

Man sieht dann sofort ein, dass die Bestimmung von $\varkappa$ und λ für $i = 0$ und $i = 1$ ohne irgend welche Schwierigkeiten geschehen kann. Setzen wir nämlich

$$(1 - k_1 \operatorname{Sin}\psi) S = \varkappa_0^{(0)} + \varkappa_1^{(0)} \operatorname{Cos}\psi + \varkappa_2^{(0)} \operatorname{Cos} 2\psi + \ldots\ldots$$
$$+ \lambda_1^{(0)} \operatorname{Sin}\psi + \lambda_2^{(0)} \operatorname{Sin} 2\psi + \ldots\ldots$$

$$(1 - k_1 \sin\psi)\cos\xi\, S = \varkappa_0^{(c)} + \varkappa_1^{(c)} \cos\psi + \varkappa_2^{(c)} \cos 2\psi + \ldots\ldots$$
$$+ \lambda_1^{(c)} \cos\psi + \lambda_2^{(c)} \sin 2\psi + \ldots\ldots$$
$$(1 - k_1 \sin\psi)\sin\xi\, S = \varkappa_0^{(s)} + \varkappa_1^{(s)} \cos\psi + \varkappa_2^{(s)} \cos 2\psi + \ldots\ldots$$
$$+ \lambda_1^{(s)} \sin\psi + \lambda_2^{(s)} \sin 2\psi + \ldots\ldots$$

so ergiebt sich unmittelbar, wenn die Coefficienten in der S-Reihe wie oben mit a_n, b_n bezeichnet werden:

$$\varkappa_0^{(0)} = a_0 - \tfrac{k_1}{2} b_1$$
$$\varkappa_1^{(0)} = a_1 - \tfrac{k_1}{2} b_2 \qquad \lambda_1^{(0)} = b_1 - \tfrac{k_1}{2}(2a_0 - a_2)$$
$$\varkappa_2^{(0)} = a_2 + \tfrac{k_1}{2}(b_1 - b_3) \qquad \lambda_2^{(0)} = b_2 - \tfrac{k_1}{2}(a_1 - a_3)$$
$$\varkappa_3^{(0)} = a_3 + \tfrac{k_1}{2}(b_2 - b_4) \qquad \lambda_3^{(0)} = b_3 - \tfrac{k_1}{2}(a_2 - a_4)$$
$$\varkappa_4 = a_4 + \tfrac{k_1}{2}(b_3 - b_5) \qquad \lambda_4^{(0)} = b_4 - \tfrac{k_1}{2}(a_3 - a_5)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\varkappa_0^{(c)} = -k_1 a_0 + \tfrac{1}{2} b_1$$
$$\varkappa_1^{(c)} = -k_1 a_1 + \tfrac{1}{2} b_2 \qquad \lambda_1^{(c)} = -k_1 b_1 + \tfrac{1}{2}(2a_0 - a_2)$$
$$\varkappa_2^{(c)} = -k_1 a_2 - \tfrac{1}{2}(b_1 - b_3) \qquad \lambda_2^{(c)} = -k_1 b_2 + \tfrac{1}{2}(a_1 - a_3)$$
$$\varkappa_3^{(c)} = -k_1 a_3 - \tfrac{1}{2}(b_2 - b_4) \qquad \lambda_3^{(c)} = -k_1 b_3 + \tfrac{1}{2}(a_3 - a_4)$$
$$\varkappa_4^{(c)} = -k_1 a_4 - \tfrac{1}{2}(b_3 - b_5) \qquad \lambda_4^{(c)} = -k_1 b_4 + \tfrac{1}{2}(a_3 - a_5)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\varkappa_0^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 a_1$$
$$\varkappa_1^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 (2a_0 + a_2) \qquad \lambda_1^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 b_2$$
$$\varkappa_2^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 (a_1 + a_3) \qquad \lambda_3^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 (b_1 + b_3)$$
$$\varkappa_3^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 (a_2 + a_4) \qquad \lambda_3^{(s)} = \tfrac{1}{2} k'_1 (b_2 + b_4)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Es ist hier

$$k'_1 = \frac{1 - k_2}{1 + k_2} = \sqrt{1 - k_1^2}.$$

Für $i > 1$ gestaltet sich aber die Sache nicht so einfach. Um in diesem Falle die Formeln übersichtlich zu machen, wird es zweckmässig sein, für die Cosinus und Sinus die entsprechenden Exponentialfunctionen einzuführen.

(*B*) giebt, wenn man die oben angeführte Relation zwischen k_1 und k_2 berücksichtigt:

$$e^{\sqrt{-1}\,\xi} = \sqrt{-1}\,\frac{e-e^{\sqrt{-1}\psi}}{1+k_2}\,\frac{\left(1+\sqrt{-1}\,\sqrt{k_2}\,e^{\sqrt{-1}\psi}\right)^2}{1-k_1\sin\psi}.$$

Ferner ist

$$1-k_1\sin\psi = \frac{\left(1+\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\;e^{\sqrt{-1}\psi}\right)\left(1-\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\,e^{-\sqrt{-1}\psi}\right)}{1+k_2}.$$

Daraus wird

$$(1-k_1\sin\psi)\,e^{i\sqrt{-1}\xi} = (-1)^{\frac{i}{2}}\frac{e^{-i\sqrt{-1}\psi}}{1+k_2}\cdot\frac{\left(1+\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\,e^{\sqrt{-1}\psi}\right)^{i+1}}{\left(1-\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\,e^{-\sqrt{-1}\psi}\right)^{i-1}}.$$

In der Entwickelung

$$\frac{\left(1+\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\,e^{\sqrt{-1}\psi}\right)^{i+1}}{\left(1-\sqrt{-1}\sqrt{k_2}\,e^{-\sqrt{-1}\psi}\right)^{i-1}} = V_0^{(i)} + \sqrt{-1}\,V_1^{(i)}e^{\sqrt{-1}\psi} - V_2^{(i)}e^{2\sqrt{-1}\psi} - \sqrt{-1}\,V_3^{(i)}e^{3\sqrt{-1}\psi} + \ldots$$

$$+\sqrt{-1}\,V_{-1}^{(i)}e^{-\sqrt{-1}\psi} - V_{-2}^{(i)}e^{-2\sqrt{-1}\psi} - \sqrt{-1}\,V_{-3}^{(i)}e^{-3\sqrt{-1}\psi} + \ldots$$

findet man nun folgende Ausdrücke für die Coefficienten:

$$V_0^{(i)} = 1 - \frac{i+1}{1}\cdot\frac{i-1}{1}k_2 + \frac{(i+1)i}{1.2}\cdot\frac{(i-1)i}{1.2}k_2^2 - \frac{(i+1)i(i-1)}{1.2.3}\cdot\frac{(i-1)i(i+1)}{1.2.3}k_2^3 + \ldots\ldots\ldots$$

$$V_1^{(i)} = \sqrt{k_2}\left\{\frac{i+1}{1} - \frac{(i+1)i}{1.2}\cdot\frac{i-1}{1}\cdot k_2 + \frac{(i+1)i(i-1)}{1.2.3}\cdot\frac{(i-1)i}{1.2}k_2^2 - \ldots\ldots\ldots\right\}$$

$$V_2^{(i)} = k_2\left\{\frac{(i+1)i}{1.2} - \frac{(i+1)i(i-1)}{1.2.3}\cdot\frac{i-1}{1}k_2 + \frac{(i+1)i(i-1)(i-2)}{1.2.3.4}\cdot\frac{(i-1)i}{1.2}k_2^2 - \ldots\ldots\ldots\right\}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$V_{-1}^{(i)} = \sqrt{k_2}\left\{\frac{i-1}{1} - \frac{(i-1)i}{1.2}\cdot\frac{i+1}{1}k_2 + \frac{(i-1)i(i+1)}{1.2.3}\cdot\frac{(i+1)i}{1.2}k_2^2 - \ldots\ldots\ldots\right\}$$

$$V_{-2}^{(i)} = k_2\left\{\frac{(i-1)i}{1.2} - \frac{(i-1)i(i+1)}{1.2.3}\cdot\frac{i+1}{1}k_2 + \frac{(i-1)i(i+1)(i+2)}{1.2.3.4}\cdot\frac{(i+1)i}{1.2}k_2^2 - \ldots\ldots\ldots\right\}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Diese Ausdrücke hätte man auch aus den W-Coefficienten im «Recueil de Tables» pag. 17 ableiten können dadurch, dass

$$h = i + 1 \text{ und } r = i - 1$$

gesetzt werden.

Für $i = 2$ ergiebt sich sofort:

$$V_0^{(2)} = (1 - k_2)^3$$
$$V_1^{(2)} = \sqrt{k_2}\,(3 - 3\,k_2 + k_2^2)$$
$$V_2^{(2)} = k_2\,(3 - k_2)$$
$$V_3^{(2)} = k_2\,\sqrt{k_2}$$

Die Berechnung der übrigen Coefficienten ist aber leichter mit Hülfe der Recursionsgleichungen:

$$V_0^{(i+1)} = \frac{1}{i-1}\cdot\frac{1}{\sqrt{k_2}}\,V_{-1}^{(i)} - \frac{i+3}{i-1}\,V_{-2}^{(i)}$$
$$V_1^{(i+1)} = \frac{i+2}{i-1}\,V_{-1}^{(i)}$$
$$V_{s+1}^{i+1} = \frac{s}{i-1}\cdot\frac{1}{\sqrt{k_2}}\,V_s^{(i)} - \frac{i+2-s}{i-1}\,V_{s-1}^{(i)}$$
$$V_{-s+1}^{i+1} = \frac{s}{i-1}\cdot\frac{1}{\sqrt{k_2}}\,V_{-s}^{(i)} - \frac{i+2+s}{i-1}\,V_{s-1}^{(i)}$$

Für $i = 2$ hat man ausserdem die bequeme Formel:

$$V_{-s+1}^{(2)} = (\sqrt{k_2})^{s-1}\,V_0^{(2)}$$

Die Ableitung dieser Formeln geschieht in ähnlicher Weise, wie Gyldén a. a. O. die entsprechenden Recursionsformeln für W ableitet.

Es sind in der folgenden Tafel die $\frac{1}{1+k_2}\,V_s^{(i)}$ für $i = 2,\ 3,\ 4$ und 5 zusammengestellt.

	$\frac{1}{1+k_2}\,V_s^{(i)}$			
s	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
—16	0,000006	0,000064	0,00038	0,0015
—15	0,000011	0,000119	0,00066	0,0024
—14	0,000022	0,000221	0,00114	0,0039
—13	0,000043	0,000409	0,00195	0,0062
—12	0,000086	0,000749	0,00330	0,0096
—11	0,000171	0,001364	0,00547	0,0145
—10	0,000341	0,002461	0,00895	0,0213
— 9	0,000679	0,004392	0,01426	0,0302
— 8	0,001352	0,007733	0,02212	0,0405
— 7	0,002691	0,013385	0,03297	0,0508
— 6	0,005359	0,022643	0,04687	0,0573

s	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
-5	0,010667	0,037104	0,06163	0,0547
-4	0,021244	0,057991	0,07148	$+$0,0327
-3	0,042298	0,083836	0,06396	$-$0,0157
-2	0,084219	0,103946	$+$0,01842	$-$0,0869
-1	0,167685	$+$0,081578	$-$0,08646	$-$0,1461
0	0,333869	$-$0,087225	$-$0,23063	$-$0,1003
$+1$	0,925229	$+$0,670737	$+$0,20394	$-$0,1729
2	0,553501	0,840578	0,84219	$+$0,5197
3	0,101172	0,353645	0,66752	0,8460
4		0,050813	0,21562	0,4869
5			0,02553	0,1274
6				0,0129

Es ist nun leicht, die Coefficienten in

$$(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, e^{i\sqrt{-1}\xi} S = \sum p_\mu e^{\mu\sqrt{-1}\psi} + \sqrt{-1} \sum q_\nu\ e^{\nu\sqrt{-1}\psi}$$

zu berechnen. Um diese Arbeit noch zu erleichtern, sind hier die aus den angeführten V-Coefficienten resultirenden Ausdrücke für

$$\tfrac{1}{2}(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, e^{i\sqrt{-1}\xi}\, e^{n\sqrt{-1}\psi}$$

gegeben.

	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
t^n	9,442089	$9{,}247539_n$	9,03266	$8{,}8041_n$
t^{n-2}	$9{,}222546_n$	9,525521	$9{,}62438_n$	9,6263
t^{n-4}	8,624379	8,61054	$9{,}06188_n$	8,9368
t^{n-6}	$8{,}026212_n$	$8{,}62240_n$	$7{,}9642_n$	8,8637
t^{n-8}	7,42805	8,26839	8,5531	$7{,}8946_n$
t^{n-10}	$6{,}8299_n$	$7{,}82562_n$	$8{,}3698_n$	$8{,}4372_n$
t^{n-12}	6,2317	7,3416	8,0438	8,4055
t^{n-14}	$5{,}634_n$	$6{,}834_n$	$7{,}6506_n$	$8{,}1787_n$
$\sqrt{-1}\,t^{n+1}$	8,704028	$8{,}40495_n$	8,1060	$7{,}8078_n$
» t^{n-1}	$9{,}665220_n$	9,623548	$9{,}52344_n$	9,3864
» t^{n-3}	$8{,}923463_n$	8,63961	9,00848	$9{,}4148_n$
» t^{n-5}	8,325296	8,71578	$8{,}6358_n$	$8{,}7005_n$
» t^{n-7}	$7{,}72713_n$	$8{,}46234_n$	$8{,}5049_n$	8,6389
» t^{n-9}	7,12896	8,05392	8,4888	8,2134
» t^{n-11}	$6{,}5308_n$	$7{,}5874_n$	$8{,}2171_n$	$8{,}4572_n$
» t^{n-13}	5,933	7,0899	7,8532	8,3063

Der Kürze wegen ist $e^{\sqrt{-1}\psi}$ mit t bezeichnet.

Nachdem diese Reihen in gehöriger Weise mit den Coefficienten in den S-Reihen multiplicirt sind, erhält man durch Trennung des Reellen und Imaginären:

$$(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\operatorname{Cos} i\xi \cdot S = \varkappa_0^{(c,i)} + \varkappa_1^{(c,i)} \operatorname{Cos}\psi + \ldots\ldots$$
$$+ \lambda_1^{(c,i)} \operatorname{Sin}\psi + \ldots\ldots$$

$$(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\operatorname{Sin} i\xi \cdot S = \varkappa_0^{(s,i)} + \varkappa_1^{(s,i)} \operatorname{Cos}\psi + \ldots\ldots$$
$$+ \lambda_1^{(s,i)} \operatorname{Sin}\psi + \ldots\ldots$$

Sind diese Ausdrücke für alle nöthigen i hergestellt, so ist die übrige Arbeit, um die besprochene Form für $(\Delta)^{-3}, (\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$ zu erhalten, sehr geringfügig.

Es folgen jetzt die Haupttheile der in der auseinandergesetzten Weise ausgeführten Rechnungen. Es ergiebt sich nämlich aus den früher angeführten Zahlen:

$$-\tfrac{5}{4}(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, T_2\, S^{(7)}$$

$\omega_4 =$	120°		135°		150°	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+0″,029		+0″,023		+0″,020	
1	+0,009	−0″,060	+0,007	−0″,046	+0,006	−0″,038
2	−0,049	−0,015	−0,040	−0,015	−0,031	−0,014
3	−0,019	+0,039	−0,018	+0,027	−0,017	+0,020
4	+0,025	+0,022	+0,015	+0,019	+0,009	+0,017
5	+0,020	−0,014	+0,017	−0,008	+0,014	−0,002
6	−0,006	−0,016	−0,001	−0,011	0,000	−0,008
7	−0,010	+0,001	−0,007	−0,002	−0,004	−0,003
8	−0,002	+0,007	−0,002	+0,004	−0,002	+0,002
9	+0,004	+0,003	+0,002	+0,002	+0,001	+0,001
10	+0,001	−0,002	+0,001	−0,001	+0,001	
11	−0,001	−0,001				

$$-\tfrac{3}{2}\, T_2\,(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\,\{S^{(5)} - \tfrac{5}{4}\, T_2\,(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)\, S^{(7)}\}$$

0	+0,0933		+0,0791		+0,0694	
1	+0,0079	−0,1798	+0,0118	−0,1522	+0,0133	−0,1320
2	−0,1532	−0,0256	−0,1266	−0,0304	−0,1083	−0,0318
3	−0,0430	+0,1084	−0,0456	+0,0842	−0,0448	+0,0679
4	+0,0651	+0,0467	+0,0447	+0,0455	+0,0320	+0,0416
5	+0,0397	−0,0335	+0,0356	−0,0188	+0,0304	−0,0100

$\omega_4 =$	120°		135°		150°	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
6	—0,0136	—0,0297	—0,0040	—0,0242	+0,0007	—0,0192
7	—0,0193	+0,0032	—0,0135	—0,0021	—0,0097	—0,0038
8	—0,0015	+0,0117	—0,0037	+0,0070	—0,0042	+0,0044
9	+0,0063	+0,0024	+0,0031	+0,0030	+0,0015	+0,0027
10	+0,0025	—0,0032	+0,0023	—0,0011	+0,0018	0,0000
11	—0,0011	—0,0018	—0,0002	—0,0014	+0,0003	—0,0009
12	—0,0012	+0,0004	—0,0006	0,0000	—0,0002	—0,0002
13	0,0000	+0,0005	—0,0002	+0.0004	—0,0002	+0,0001
14	+0,0002	+0,0002	+0,0001	+0,0001		

In Verbindung mit den früher angeführten Ausdrücken für $S^{(3)}$ geben die letzten Reihen:

$$\frac{(\Delta)^{-3}}{(1+x\,\mathrm{Cos}\,\xi+y\,\mathrm{Sin})^{\frac{5}{2}}\,(1-k_1\,\mathrm{Sin}\,\psi)\,\sqrt{1-k_1\,\mathrm{Sin}\,\psi}}$$

$\omega_4 =$	120°		135°		150°	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+15″,7089		+14″,5500		+13″,6995	
1	+ 5,9924	—20″,4183	+ 6,2299	—18″,0943	+ 6,2902	—16″,4045
2	—10,7282	— 6,8787	— 8,7404	— 6,8160	— 7,3635	— 6,6067
3	— 5,4628	+ 4,7507	— 5,0962	+ 3,3214	— 4,6917	+ 2,4071
4	+ 1,6677	+ 3,6278	+ 0,7903	+ 3,1414	+ 0,2949	+ 2,7100
5	+ 2,1374	— 0,3147	+ 1,6859	+ 0,1424	+ 1,3365	+ 0,3514
6	+ 0,1595	— 1,1430	+ 0,3518	— 0,7982	+ 0,4034	— 0,5620
7	— 0,5563	— 0,2507	— 0,3263	— 0,3021	— 0,1882	— 0,2857
8	— 0,2086	+ 0,2434	— 0,1985	+ 0,1066	— 0,1648	+ 0,0363
9	+ 0,0916	+ 0,1400	+ 0,0183	+ 0,1117	— 0,0121	+ 0,0811
10	+ 0,0832	— 0,0252	+ 0,0561	+ 0,0095	+ 0,0348	+ 0,0198
11	— 0,0002	— 0,0449	+ 0,0135	— 0,0250	+ 0,0150	— 0,0123
12	— 0,0222	— 0,0063	— 0,0094	— 0,0103	— 0,0028	— 0,0088
13	— 0,0064	+ 0,0099	— 0,0066	+ 0,0028	— 0,0046	— 0,0003
14	+ 0,0039	+ 0,0047	+ 0,0003	+ 0,0034	— 0,0009	+ 0,0021
15	+ 0,0027	— 0,0013	+ 0,0016	+ 0,0002	+ 0,0007	+ 0,0007
16	— 0,0003	— 0,0014	+ 0,0005	— 0,0006	+ 0,0005	— 0,0002
17	— 0,0007	— 0,0001	— 0,0002	— 0,0001		

Es sind nun die folgenden Ausdrücke nöthig:

$$(1 + x\,\mathrm{Cos}\,\xi + y\,\mathrm{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}$$

$\omega_4 =$	120°	135°	150°
Cos 0ξ	0,0001786	0,0001784	0,0001782
Cos ξ	8,823647	8,827374	8,829888
Cos 2ξ	6,51652	6,53376	6,54524
Cos 3ξ	$3{,}959_n$	$4{,}0077_n$	$4{,}0390_n$
Sin ξ	8,348497	8,309061	8,276774
Sin 2ξ	6,39405	6,35834	6,32857
Sin 3ξ	$4{,}1220_n$	$4{,}0931_n$	$4{,}0698_n$

Und hieraus in Verbindung mit den Reihen für $\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Cos}\,f'$ und $\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Sin}\,f'$

	$(1+x\,\mathrm{Cos}\,\xi+y\,\mathrm{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Cos}\,f'$			$(1+x\,\mathrm{Cos}\,\xi+y\,\mathrm{Sin}\,\xi)^{\frac{3}{2}}\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Sin}\,f'$		
$\omega_4 =$	120°	135°	150°	120°	135°	150°
Cos 0ξ	$9{,}0313172_n$	$9{,}0312347_n$	$9{,}0311664_n$	6,67495	6,66370	6,65658
Cos ξ	$9{,}9766568_n$	$9{,}9808653_n$	$9{,}9837505_n$	9,5179383	9,9800787	9,4491549
Cos 2ξ	$7{,}95167_n$	$7{,}96790_n$	$7{,}97866_n$	7,81329	7,77625	7,74540
Cos 3ξ	$6{,}06893_n$	$6{,}12646_n$	$6{,}16584_n$	6,29226	6,26998	6,24895
Cos 4ξ	4,3802	4,5911	4,6990	$5{,}0899_n$	$5{,}0719_n$	$5{,}0645_n$
Cos 5ξ	3,477	3,000		3,954	3,778	3,845
Sin ξ	$9{,}5204711_n$	$9{,}4826035_n$	$9{,}4516721_n$	$9{,}9740121_n$	$9{,}9782241_n$	$9{,}9811115$
Sin 2ξ	$7{,}814853_n$	$7{,}77783_n$	$7{,}74694_n$	$7{,}950155_n$	$7{,}96386_n$	$7{,}97716_n$
Sin 3ξ	$6{,}29292_n$	$6{,}26775_n$	$6{,}24871_n$	$6{,}06893_n$	$6{,}12710_n$	$6{,}16643_n$
Sin 4ξ	5,0828	5,0719	5,0645	4,3802	4,5911	4,699
Sin 5ξ	$3{,}845_n$	$3{,}699_n$	$3{,}845_n$	3,477	3,000	

Nach den gegebenen Vorschriften ergeben sich dann:

$$(\Delta)^{-3}$$

$\omega_4 =$	120°		135°		150°	
	$\sqrt{1-k_1\,\mathrm{Sin}\,\psi}$		$\sqrt{1-k_1\,\mathrm{Sin}\,\psi}$		$\sqrt{1-k_1\,\mathrm{Sin}\,\psi}$	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+22″,4343		+20″,4674		+19″,0310	
1	+ 8,3430	−34″,8988	+ 8,5263	−31″,0898	+ 8,4927	−28″,3420
2	−19,4238	−10,8339	−16,1459	−10,7065	−13,8768	−10,3670
3	− 9,1028	+ 9,0419	− 8,5347	+ 6,6283	− 7,9047	+ 5,7024
4	+ 3,4228	+ 6,2628	+ 1,8976	+ 5,4894	+ 1,0167	+ 4,7964
5	+ 3,7944	− 0,8373	+ 3,0521	− 0,0129	+ 2,4716	+ 0,3842
6	+ 0,1378	− 2,0779	+ 0,5046	− 1,4970	+ 0,6224	− 1,0921

$\omega =$	120°		135°		150°	
7	— 1″,0377	— 0″,3789	— 0″,6409	— 0″,4925	— 0″,3968	— 0″,4820
8	— 0,3445	+ 0,4684	— 0,3421	+ 0,2265	— 0,2919	+ 0,0979
9	+ 0,1849	+ 0,2416	+ 0,0522	+ 0,2005	— 0,0061	+ 0,1504
10	+ 0,1474	— 0,0571	+ 0,1036	+ 0,0078	+ 0,0673	+ 0,0291
11	— 0,0068	— 0,0814	+ 0,0203	— 0,0477	+ 0,0249	— 0,0254
12	— 0,0413	— 0,0085	— 0,0191	— 0,0173	— 0,0070	— 0,0156
13	— 0,0102	+ 0,0189	— 0,0117	+ 0,0062	— 0,0084	0,0000
14	+ 0,0079	+ 0,0080	+ 0,0012	+ 0,0061	— 0,0012	+ 0,0039
15	+ 0,0048	— 0,0028	+ 0,0030	+ 0,0003	+ 0,0015	+ 0,0013
16	— 0,0007	— 0,0026	+ 0,0006	— 0,0012	+ 0,0018	— 0,0005
17	— 0,0012	0,0000	— 0,0004	— 0,0004	— 0,0001	— 0,0005
18	— 0,0002	+ 0,0004	— 0,0002	+ 0,0001		

$$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$$

	$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$		$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$		$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+18,2926		+16,7661		+15,6345	
1	+ 4,8311	—30,5043	+ 5,2287	—27,5273	+ 5,3794	—25,3439
2	—17,6923	— 7,8433	—15,0151	— 8,0504	—13,1183	— 7,9838
3	— 7,1411	+ 8,6573	— 6,9201	+ 6,5907	— 6,5514	+ 5,2189
4	+ 3,5469	+ 5,1606	+ 2,1778	+ 4,6702	+ 1,3530	+ 4,1734
5	+ 3,2380	— 1,0815	+ 2,6958	— 0,2994	+ 2,2396	+ 0,1044
6	— 0,0735	— 1,8321	+ 0,3040	— 1,3732	+ 0,4492	— 1,0359
7	— 0,9452	— 0,2339	— 0,6154	— 0,3740	— 0,4018	— 0,3913
8	— 0,2571	+ 0,4437	— 0,2810	+ 0,2346	— 0,2513	+ 0,1167
9	+ 0,1858	+ 0,1939	+ 0,0658	+ 0,1724	+ 0,0095	+ 0,1350
10	+ 0,1238	— 0,0641	+ 0,0927	— 0,0034	+ 0,0629	+ 0,0192
11	— 0,0141	— 0,0712	+ 0,0132	— 0,0445	+ 0,0197	— 0,0254
12	— 0,0369	— 0,0034	— 0,0188	— 0,0135	— 0,0080	— 0,0134
13	— 0,0076	+ 0,0180	— 0,0097	+ 0,0066	— 0,0075	+ 0,0013
14	+ 0,0076	+ 0,0061	+ 0,0019	+ 0,0054	— 0,0007	+ 0,0036
15	+ 0,0046	— 0,0029	+ 0,0026	0,0000	+ 0,0015	+ 0,0009
16	— 0,0009	— 0,0022	+ 0,0004	— 0,0012	+ 0,0007	— 0,0003
17	— 0,0011	+ 0,0001	— 0,0005	— 0,0004	— 0,0001	— 0,0004
18	— 0,0001	+ 0,0004	— 0,0002	+ 0,0001		

$$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$$

	$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$		$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$		$\sqrt{1-k_1\operatorname{Sin}\psi}$	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	— 9,0318		— 7,8788		— 7,0636	
1	— 8,3955	+13,9945	— 8,1819	+11,7945	— 7,9407	+10,2689

$\omega =$	120°		135°		150°	
2	+ 6″,6811	+ 7″,9523	+ 4″,9125	+ 7″,4058	+ 3″,7570	+ 6″,8928
3	+ 5,6141	— 2,3310	+ 4,8995	— 1,1715	+ 4,3039	— 0,4921
4	— 0,3270	— 3,3878	+ 0,2966	— 2,7104	+ 0,5958	— 2,1992
5	— 1,8272	— 0,3616	— 1,3006	— 0,6222	— 0,9415	— 0,6948
6	— 0,4683	+ 0,8857	— 0,5289	+ 0,5303	— 0,4992	+ 0,3146
7	+ 0,3811	+ 0,3728	+ 0,1681	+ 0,3457	+ 0,0570	+ 0,2883
8	+ 0,2454	— 0,1367	+ 0,1942	— 0,0231	+ 0,1430	+ 0,0254
9	— 0,0324	— 0,1435	+ 0,0209	— 0,0963	+ 0,0368	— 0,0608
10	— 0,0766	— 0,0051	— 0,0423	— 0,0257	— 0,0214	— 0,0275
11	— 0,0137	+ 0,0376	— 0,0192	+ 0,0158	— 0,0163	+ 0,0048
12	+ 0,0164	+ 0,0123	+ 0,0044	+ 0,0117	— 0,0007	+ 0,0083
13	+ 0,0084	— 0,0064	+ 0,0060	0,0000	+ 0,0035	+ 0,0017
14	— 0,0018	— 0,0050	+ 0,0010	— 0,0030	+ 0,0013	— 0,0011
15	— 0,0027	+ 0,0001	— 0,0012	— 0,0009	— 0,0004	— 0,0009
16	— 0,0003	+ 0,0013	— 0,0006	+ 0,0004	— 0,0005	0,0000
17	+ 0,0005	+ 0,0003	+ 0,0001	+ 0,0003	— 0,0001	+ 0,0002
18	+ 0,0002	— 0,0002	+ 0,0002			

Nach der im «Recueil de Tables» dargelegten Methode wurde folgender Ausdruck für $(\Delta)^{-3}$ für den Specialwerth $\omega_4 = 165°$ erhalten:

$$(\Delta)^{-3}$$

	$(1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{\frac{1}{2}}$		$+ (1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{1}{2}}$		$+ (1-k_1 \operatorname{Sin}\psi)^{-\frac{3}{2}}$	
	Cos	Sin	Cos	Sin	Cos	Sin
0	+18,0528		+ 0,1978		+0,00394	
1	+ 8,3814	—26,4921	+ 0,0507	— 0,3689	—0,00093	—0,00794
2	—12,3988	—10,0176	— 0,2924	— 0,0970	—0,00778	+0,00082
3	— 7,3830	+ 4,1201	— 0,1221	+ 0,1889	—0,00029	+0,00668
4	+ 0,5323	+ 4,2823	+ 0,0937	+ 0,1145	+0,00475	+0,00141
5	+ 2,0778	+ 0,5595	+ 0,0859	— 0,0312	+0,00185	—0,00271
6	+ 0,6398	— 0,8405	+ 0,0005	— 0,0352	—0,00120	—0,00162
7	— 0,2603	— 0,4417	— 0,0282	— 0,0105	—0,00115	+0,00033
8	— 0,2442	+ 0,0353	— 0,0111	+ 0,0118	—0,00005	+0,00067
9	— 0,0286	+ 0,1145	+ 0,0043	+ 0,0098	+0,00034	+0,00016
10	+ 0,0452	+ 0,0333	+ 0,0048	— 0,0001	+0,00015	—0,00014
11	+ 0,0225	— 0,0139	+ 0,0004	— 0,0020	—0,00004	—0,00009
12	— 0,0016	— 0,0124	— 0,0010	+ 0,0004	—0,00006	0,00000
13	— 0,0058	— 0,0013	— 0,0006	+ 0,0003	—0,00001	+0,00002
14	— 0,0016	+ 0,0023				
15	+ 0,0008	+ 0,0010				
16	+ 0,0006	— 0,0001				

Es wurde bei dieser Entwickelung folgender Ausdruck für $(1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}}$ angewandt:

$$\begin{aligned}(1 + x \operatorname{Cos}\xi + y \operatorname{Sin}\xi)^{\frac{3}{2}} = 0{,}0001781 &+ 8{,}831325 \operatorname{Cos}\xi + 8{,}255490 \operatorname{Sin}\xi \\ &+ 6{,}55169 \operatorname{Cos}2\xi + 6{,}30878 \operatorname{Sin}2\xi \\ &+ 4{,}041_n \operatorname{Cos}3\xi + 4{,}0414_n \operatorname{Sin}3\xi\end{aligned}$$

Bei den Entwickelungen nach ψ wurde die Hauptcontrole immer für $\psi = \Lambda_1 - 90°$ ausgeführt und zwar in folgender Weise. In den Ausdruck für $(\Delta)^2$ pag. 22 wurde der entsprechende Werth von ξ eingeführt und dann $(\Delta)^{-3}$ berechnet. Das Resultat musste also, nach Multiplication mit $206264{\cdot}8\ m'$, mit dem aus der Entwickelung von $(\Delta)^{-3}$ für denselben Werth von ψ abgeleiteten übereinstimmen. $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos}f''$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin}f''$ wurden darauf mit demselben Werth von ξ berechnet, und die Producte $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos}f''$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin}f''$ gebildet, wodurch die Controle für die Entwickelung dieser Grössen erlangt wurde. Dass die Controlrechnungen bei dieser Entwickelungs-Methode mühsamer sein müssen als bei der in der vorigen Abtheilung dargelegten und angewandten, liegt in der Natur der Sache.

Für die Specialwerthe von ω_4 120°, 135° und 150° wurden die oben angeführten Ausdrücke für $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos}f''$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin}f''$ mit Hülfe der Tafeln im Anhange in Reihen nach den Vielfachen von x verwandelt. Um den Ausdruck von $(\Delta)^{-3}$ für $\omega_4 = 165°$ in ähnliche Reihen zu verwandeln, waren noch die Tafeln 16 und 17 des «Recueil de Tables» nöthig. Die diesem Werthe von ω_4 entsprechenden $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos}f''$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin}f''$ wurden dann durch mechanische Multiplication abgeleitet; dazu war es aber zuerst erforderlich, $\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos}f''$ und $\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin}f''$ nach den Vielfachen von x auszudrücken, oder $\frac{r'}{a'}e^{\sqrt{-1}f'}$ auf die Form

$$\sum \gamma_{2i} e^{2i\sqrt{-1}x} + \sqrt{-1}\sum \delta_{2i} e^{2i\sqrt{-1}x}$$

zu bringen. Die Coefficienten in dieser Reihe wurden in derselben Weise ermittelt, wie Asten a. a. O. die entsprechenden Coefficienten ermittelte.

$$\tfrac{1}{2}\tfrac{r'}{a'}e^{\sqrt{-1}f'}$$

$$\begin{aligned}&-0{,}0000001\ e^{-14\sqrt{-1}x} + \sqrt{-1}\{ -0{,}0000001\ e^{-14\sqrt{-1}x} \\ &-0{,}0000006\ e^{-12\sqrt{-1}x} \quad\quad -0{,}0000001\ e^{-12\sqrt{-1}x} \\ &-0{,}0000018\ e^{-10\sqrt{-1}x} \quad\quad -0{,}0000004\ e^{-10\sqrt{-1}x} \\ &-0{,}0000067\ e^{-8\sqrt{-1}x} \quad\quad -0{,}0000015\ e^{-8\sqrt{-1}x}\end{aligned}$$

$-0{,}0000374\ e^{-6\sqrt{-1}\,x}$ $-0{,}0000006\ e^{-6\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0008215\ e^{-4\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0001953\ e^{-4\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0246835\ e^{-2\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0069844\ e^{-2\sqrt{-1}\,x}$

$+0{,}1843223$ $-0{,}0625493$

$-0{,}3833760\ e^{2\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}1094377\ e^{2\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}1868412\ e^{4\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0511429\ e^{4\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0669968\ e^{6\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0170254\ e^{6\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0208471\ e^{8\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0047242\ e^{8\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0059303\ e^{10\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0011333\ e^{10\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0015769\ e^{12\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0002327\ e^{12\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0003963\ e^{14\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0000379\ e^{14\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0000946\ e^{16\sqrt{-1}\,x}$ $+0{,}0000034\ e^{16\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0000214\ e^{18\sqrt{-1}\,x}$ $-0{,}0000008\ e^{18\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0000047\ e^{20\sqrt{-1}\,x}$ $-0{,}0000005\ e^{20\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0000010\ e^{22\sqrt{-1}\,x}$ $-0{,}0000001\ e^{22\sqrt{-1}\,x}$

$-0{,}0000002\ e^{24\sqrt{-1}\,x}$

Nachdem der Ausdruck für $(\Delta)^{-3}$ mit dieser Reihe multiplicirt wurde, ergaben sich durch Trennung der reellen und imaginären Theile die trigonometrischen Reihen für $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$.

In der folgenden Zusammenstellung sind auch die Ausdrücke für $\omega_4 = 105^\circ$, deren Ableitung nach den Vielfachen von x am Ende der letzten Abtheilung beschrieben wurde, mit aufgenommen.

$(\Delta)^{-3}$

$\omega =$	105°	120°	135°	150°	165°
Cos $0x$	+35″,9460	+31″,9971	+28″,7671	+26″,4432	+25″,0605
Cos $2x$	−59,0277	−51,5130	−45,4596	−41,1639	−38,6354
Cos $4x$	+34,1713	+27,8591	+23,0131	+19,7271	+17,8584
Cos $6x$	−14,3318	− 9,8234	− 6,6604	− 4,7002	− 3,6647
Cos $8x$	+ 3,8976	+ 1,2421	− 0,3404	− 1,1528	− 1,5077
Cos $10x$	+ 0,0008	+ 1,2299	+ 1,7377	+ 1,8587	+ 1,8445
Cos $12x$	− 0,8385	− 1,2195	− 1,2056	− 1,0631	− 0,9404
Cos $14x$	+ 0,6741	+ 0,6769	+ 0,5152	+ 0,3560	+ 0,2579
Cos $16x$	− 0,3668	− 0,2640	− 0,1264	− 0,0320	+ 0,0158
Cos $18x$	+ 0,1557	+ 0,0634	− 0,0115	− 0,0479	− 0,0590
Cos $20x$	− 0,0500	+ 0,0045	+ 0,0326	+ 0,0388	+ 0,0360
Cos $22x$	+ 0,0091	− 0,0145	− 0,0205	− 0,0170	− 0,0130

$\omega =$	105°	120°	135°	150°	165°
Cos $24x$	+ 0,0019	+ 0,0105	+ 0,0077	+ 0,0037	+ 0,0009
Cos $26x$	— 0,0049	— 0,0047	— 0,0012	+ 0,0008	+ 0,0024
Cos $28x$	+ 0,0024	+ 0,0011	— 0,0006	— 0,0015	— 0,0015
Cos $30x$	— 0,0012	+ 0,0003	+ 0,0009	+ 0,0012	+ 0,0002
Cos $32x$	+ 0,0005	— 0,0006	— 0,0004	— 0,0004	— 0,0001
Sin $2x$	+11,2939	+11,8925	+11,8752	+11,6140	+11,3678
Sin $4x$	—15,5733	—15,9080	—15,4231	—14,7215	—14,1782
Sin $6x$	+13,1512	+12,6980	+16,6432	+10,6049	+ 9,9048
Sin $8x$	— 8,2981	— 7,2888	— 6,0568	— 5,0516	— 4,4241
Sin $10x$	+ 4,1719	+ 3,1140	+ 2,1237	+ 1,4324	+ 1,0594
Sin $12x$	— 1,6790	— 0,8933	— 0,3032	+ 0,0358	+ 0,2144
Sin $14x$	+ 0,4981	+ 0,0477	— 0,2135	— 0,3153	— 0,3381
Sin $16x$	— 0,0598	+ 0,1449	+ 0,2131	+ 0,2085	+ 0,1830
Sin $18x$	— 0,0504	— 0,1161	— 0,1086	— 0,0791	— 0,0574
Sin $20x$	+ 0,0510	+ 0,0578	+ 0,0344	+ 0,0129	+ 0,0017
Sin $22x$	— 0,0297	— 0,0202	— 0,0031	+ 0,0063	+ 0,0105
Sin $24x$	+ 0,0134	+ 0,0038	— 0,0043	— 0,0062	— 0,0074
Sin $26x$	— 0,0049	+ 0,0015	+ 0,0035	+ 0,0030	+ 0,0023
Sin $28x$	+ 0,0012	— 0,0021	— 0,0023	— 0,0004	+ 0,0002
Sin $30x$	+ 0,0002	+ 0,0010	+ 0,0008	+ 0,0004	— 0,0001
Sin $32x$	— 0,0003	— 0,0008	— 0,0004	— 0,0002	+ 0,0005

$(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Cos}\,f'$

Cos $0x$	+29,8659	+26,8347	+24,2971	+22,4433	+21,3287
Cos $2x$	—50,6076	—44,7868	—39,9827	—36,5144	—34,4527
Cos $4x$	+30,5001	+25,4428	+21,4468	+18,6751	+17,0768
Cos $6x$	—13,4872	— 9,7040	— 6,9472	— 5,1834	— 0,2309
Cos $8x$	+ 4,1277	+ 1,7775	+ 0,2932	— 0,5173	— 0,8963
Cos $10x$	— 0,3965	+ 0,7694	+ 1,3204	+ 1,5060	+ 1,5377
Cos $12x$	— 0,5617	— 0,9775	— 1,0338	— 0,9492	— 0,8607
Cos $14x$	+ 0,5337	+ 0,5877	+ 0,4768	+ 0,3495	+ 0,2690
Cos $16x$	— 0,3109	— 0,2453	— 0,1334	— 0,0496	— 0,0046
Cos $18x$	+ 0,1393	+ 0,0672	+ 0,0006	— 0,0346	— 0,0479
Cos $20x$	— 0,0484	— 0,0018	+ 0,0253	+ 0,0329	+ 0,0324
Cos $22x$	+ 0,0108	— 0,0110	— 0,0175	— 0,0154	— 0,0122
Cos $24x$	+ 0,0006	+ 0,0088	+ 0,0071	+ 0,0035	+ 0,0019
Cos $26x$	— 0,0026	— 0,0044	— 0,0018	+ 0,0004	+ 0,0014
Cos $28x$	+ 0,0018	+ 0,0010	— 0,0002	— 0,0009	— 0,0013
Cos $30x$	— 0,0010	0,0000	+ 0,0011	+ 0,0009	+ 0,0006
Cos $32x$	+ 0,0003	— 0,0003	— 0,0004	— 0,0005	— 0,0002
Sin $2x$	+ 6,7221	+ 7,6458	+ 7,9736	+ 7,9965	+ 7,9291
Sin $4x$	—10,7349	—11,5994	—11,6425	—11,3557	—11,0749

$\omega_4 =$	105°	120°	135°	150°	165°
Sin $6x$	+10″,0391	+10″,1469	+ 9″,6028	+ 8″,9351	+ 8″,4419
Sin $8x$	— 6,7799	— 6,2278	— 5,3595	— 4,5913	— 4,1068
Sin $10x$	+ 3,5951	+ 2,8347	+ 2,0434	+ 1,4598	+ 1,1165
Sin $12x$	— 1,5295	— 0,9007	— 0,3886	— 0,0762	+ 0,0779
Sin $14x$	+ 0,4958	+ 0,1072	— 0,1366	— 0,2444	— 0,2867
Sin $16x$	— 0,0876	+ 0,0999	+ 0,1755	+ 0,1825	+ 0,1621
Sin $18x$	— 0,0286	— 0,0948	— 0,0973	— 0,0755	— 0,0585
Sin $20x$	+ 0,0390	+ 0,0515	+ 0,0340	+ 0,0154	+ 0,0049
Sin $22x$	— 0,0249	— 0,0201	— 0,0049	+ 0,0039	+ 0,0080
Sin $24x$	+ 0,0118	+ 0,0044	— 0,0029	— 0,0057	— 0,0063
Sin $26x$	— 0,0045	+ 0,0008	+ 0,0029	+ 0,0029	+ 0,0021
Sin $28x$	+ 0,0012	— 0,0015	— 0,0018	— 0,0011	— 0,0005
Sin $30x$	— 0,0002	+ 0,0013	+ 0,0008	0,0000	— 0,0002
Sin $32x$	— 0,0002	— 0,0008	— 0,0001	+ 0,0002	+ 0,0003

$$(\Delta)^{-3}\,\frac{r'}{a'}\,\mathrm{Sin}\,f'$$

Cos $0x$	—15,0698	—12,6838	—10,8300	— 9,5452	— 8,8013
Cos $2x$	+24,5323	+20,0614	+16,6549	+14,3385	+13,0125
Cos $4x$	—13,0524	— 9,4932	— 6,9539	— 5,3336	— 4,4575
Cos $6x$	+ 4,3142	+ 2,0129	+ 0,5742	— 0,2211	— 0,6075
Cos $8x$	— 0,2971	+ 0,8569	+ 1,3959	+ 1,5821	+ 1,6158
Cos $10x$	— 0,7760	— 1,1689	— 1,2038	— 1,1071	— 1,0157
Cos $12x$	+ 0,7052	+ 0,7262	+ 0,5890	+ 0,4427	+ 0,3531
Cos $14x$	— 0,4067	— 0,3121	— 0,1775	— 0,0792	— 0,0159
Cos $16x$	+ 0,1811	+ 0,0885	+ 0,0084	— 0,0343	— 0,0447
Cos $18x$	— 0,0617	— 0,0044	+ 0,0292	+ 0,0387	+ 0,0385
Cos $20x$	+ 0,0134	— 0,0133	— 0,0219	— 0,0187	— 0,0157
Cos $22x$	+ 0,0017	+ 0,0106	+ 0,0095	+ 0,0054	+ 0,0030
Cos $24x$	— 0,0037	— 0,0055	— 0,0024	0,0000	+ 0,0015
Cos $26x$	+ 0,0025	+ 0,0021	— 0,0002	— 0,0011	— 0,0019
Cos $28x$	— 0,0013	— 0,0004	+ 0,0004	+ 0,0005	+ 0,0003
Cos $30x$	+ 0,0005	— 0,0001	— 0,0005	— 0,0006	0,0000
Cos $32x$	— 0,0002	0,0000	+ 0,0001	0,0000	+ 0,0001
Sin $2x$	—10,8120	—10,5330	—10,0514	— 9,5857	— 9,2661
Sin $4x$	+12,2295	+11,5021	+10,5593	+ 9,7291	+ 9,1884
Sin $6x$	— 8,5258	— 7,4767	— 6,3622	— 5,4755	— 4,9289
Sin $8x$	+ 4,5475	+ 3,5092	+ 2,5714	+ 1,9077	+ 1,5329
Sin $10x$	— 1,9327	— 1,1523	— 0,5598	— 0,2008	— 0,0189
Sin $12x$	+ 0,6192	+ 0,1547	— 0,1258	— 0,2536	— 0,2997
Sin $14x$	— 0,1015	+ 0,1174	+ 0,2041	+ 0,2144	+ 0,2048
Sin $16x$	— 0,0430	— 0,1191	— 0,1196	— 0,0953	— 0,0722
Sin $18x$	+ 0,0535	+ 0,0654	+ 0,0438	+ 0,0225	+ 0,0091

$\omega_4 =$	105°	120°	135°	150°	165°
Sin $20x$	— 0,″0336	— 0,″0252	— 0,″0075	+ 0,″0034	+ 0,″0072
Sin $22x$	+ 0,0154	+ 0,0059	— 0,0030	— 0,0064	— 0,0070
Sin $24x$	— 0,0059	+ 0,0005	+ 0,0035	+ 0,0038	+ 0,0039
Sin $26x$	+ 0,0013	— 0,0015	— 0,0022	+ 0,0010	— 0,0008
Sin $28x$	+ 0,0002	+ 0,0011	+ 0,0007	0,0000	— 0,0005
Sin $30x$	— 0,0003	— 0,0007	+ 0,0001	0,0000	+ 0,0004
Sin $32x$	+ 0,0002	+ 0,0004	— 0,0003	— 0,0003	0,0000

Wie man die Benutzung der Tafeln zu controliren hat, ist so einleuchtend, dass eine Auseinandersetzung darüber mir überflüssig erscheint.

IV.

Die Berechnung der Differentialquotienten von den Elementenstörungen Υ, Ψ etc. wurde nach den bekannten Vorschriften von Hansen ausgeführt. Die dabei benutzten Formeln sind so ausführlich von Asten reproducirt, dass es eine unnöthige Raumverschwendung sein würde, sie hier im Detail aufzunehmen.

Der von der Entfernung der beiden Himmelskörper abhängige Theil von $\frac{d\Upsilon}{d\omega_4}$ etc. wurde also nach den Formeln berechnet:

$$\frac{1}{12}\frac{d\Upsilon}{d\omega_4} = P_1\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' + Q_1\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f' + R_1\varrho\,(\Delta)^{-3}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Psi}{d\omega_4} = P_2\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' + Q_2\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f' + R_2\varrho\,(\Delta)^{-3}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Xi}{d\omega_4} = P_3\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' + Q_3\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f' + R_3\varrho\,(\Delta)^{-3}$$

$$\frac{1}{12}\operatorname{Sec} i\frac{dp_1}{d\omega_4} = P_4\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' + Q_4\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$$

$$\frac{1}{12}\operatorname{Sec} i\frac{dq_1}{d\omega_4} = P_5\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Cos} f' + Q_5\varrho\,(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\operatorname{Sin} f'$$

Den von der Entfernung unabhängigen Theil erhält man daher durch folgende Formeln:

$$\frac{1}{12}\frac{d\Upsilon_2}{d\omega_4} = -P_1\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2} - Q_1\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Phi_2}{d\omega_4} = -P_2\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2} - Q_2\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Xi_2}{d\omega_4} = -P_3\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2} - Q_3\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2}$$

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{d\psi_2}{d\omega_4} = -P_4\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2} - Q_4\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2}$$

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{d\varphi_2}{d\omega_4} = -P_5\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2} - Q_5\frac{\rho}{a'}\frac{\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2}$$

Es ist $\rho = \frac{a a_1^2}{12}$ gesetzt. Die analytischen Ausdrücke für P_1, Q_1 etc. sind von Hansen in seiner Pariser Preisschrift pag. 203 gegeben.

Zur Berechnung von P_1, Q_1 etc. wurden die folgenden Ausdrücke für $\frac{r}{a}\,\mathrm{Cos}\,f$, $\frac{r}{a}\,\mathrm{Sin}\,f$ und $\frac{n dt}{d\omega_4}$ angewandt:

$\frac{r}{a}\,\mathrm{Cos}\,f =$		$\frac{r}{a}\,\mathrm{Sin}\,f =$		$\frac{n dt}{d\omega_4} =$	
0,2510504$_n$		9,184138$_n$			
+8,934164$_n$	$\mathrm{Cos}\,\omega_4$	+9,172091	$\mathrm{Cos}\,\omega_4$	+9,7275942	$\mathrm{Sin}\,\omega_4$
+8,298369	$\mathrm{Cos}\,2\omega_4$	+7,69293	$\mathrm{Cos}\,2\omega_4$	+8,341779	$\mathrm{Sin}\,2\omega_4$
+6,9478	$\mathrm{Cos}\,3\omega_4$	+6,8523$_n$	$\mathrm{Cos}\,3\omega_4$	+7,68488$_n$	$\mathrm{Sin}\,3\omega_4$
+5,9435$_n$	$\mathrm{Cos}\,4\omega_4$	+5,620$_n$	$\mathrm{Cos}\,4\omega_4$	+6,5199$_n$	$\mathrm{Sin}\,4\omega_4$
+4,820$_n$	$\mathrm{Cos}\,5\omega_4$	+4,477	$\mathrm{Cos}\,5\omega_4$	+5,476	$\mathrm{Sin}\,5\omega_4$
+3,80	$\mathrm{Cos}\,6\omega_4$	+3,00	$\mathrm{Cos}\,6\omega_4$	+4,544	$\mathrm{Sin}\,6\omega_4$

wobei die Coefficienten Logarithmen sind. Diese Ausdrücke sind bis auf die Zeichen für $\frac{r}{a}\,\mathrm{Sin}\,f$ und $\frac{n dt}{d\omega_4}$ dieselben, welche Asten in seiner erwähnten Abhandlung pag. 49 gegeben hat. Von den Hülfs-Grössen

$G = 48^\circ\,56'\,20''{,}05$	$G' = 317^\circ\,14'\,22''{,}77$
$\Gamma = 236\;\;51\;\;54{,}96$	$\Gamma' = 145\;\;\;9\;\;57{,}68$
$\log\gamma = 9{,}9943139$	$\log\gamma' = 9{,}9929190$

unterscheiden sich G und Γ um $0''{,}44$ von den Werthen, welche Asten angenommen hat.

Aus diesen Daten ergaben sich die folgenden Zahlen:

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	156°
log P_1	9,4006487*n*	9,6832081*n*	9,8270548*n*	9,9041568*n*	9,9356934*n*	9,9301102*n*	9,8908830*n*	9,8179701*n*	9,7059036*n*	9,5357266*n*	9,2368797*n*
» Q_1	9,5772600*n*	9,8640513*n*	0,0146415*n*	0,1005264*n*	0,1422178*n*	0,1473479*n*	0,1185344*n*	0,0549564*n*	9,9505413*n*	9,7859645*n*	9,4905024*n*
» R_1	6,737956	7,618043	8,106311	8,421950	8,631859	8,7643629	8,8330732	8,8436042	8,7938349	8,6668744	8,3934715
» P_2	9,2802187	9,5495910	9,6725161	9,7229533	9,7247345	9,6895091	9,6239848	9,5305706	9,4047173	9,2267368	8,9243358
» Q_2	9,1303974*n*	9,4498412*n*	9,6485193*n*	9,7911715*n*	9,8922155*n*	9,9546233*n*	9,9777731*n*	9,9587147*n*	9,8900040*n*	9,7514515*n*	9,4717986
» R_2	9,2643951*n*	9,5498721*n*	9,6983855*n*	9,7815984*n*	9,8202434*n*	9,8222041*n*	9,7903437*n*	9,7240533*n*	9,6174192*n*	9,4512106*n*	9,1547566*n*
» P_3	9,5413820*n*	9,8209903*n*	9,9599969*n*	0,0304873*n*	0,0538043*n*	0,0380474*n*	9,9888994*n*	9,9051694*n*	9,7829020*n*	9,6042485*n*	9,2997577*n*
» Q_3	9,7194369*n*	0,0075369*n*	0,1601921*n*	0,2487485*n*	0,2935443*n*	0,3020273*n*	0,2766166*n*	0,2162780*n*	0,1147116*n*	9,9523780*n*	9,6583421*n*
» R_3	6,01401	6,89410	7,38236	7,698005	7,907914	8,040418	8,109128	8,119659	8,069890	7,942929	7,669526
» Q_4	6,06096	6,94104	7,42931	7,744950	7,954859	8,087363	8,156073	8,166604	8,116834	7,989874	7,716471
» P_5	8,540449	8,825927	8,974440	9,057653	9,096298	9,098259	9,066398	9,000108	8,893473	8,727265	8,430812
» Q_5	8,587394	8,872872	9,021385	9,104598	9,143243	9,145204	9,113343	9,047053	8,940418	8,774210	8,477756

Nachdem diese Zahlen mit $\frac{1}{12}\,aa_1^2$ multiplicirt worden, war die Bildung von $\frac{1}{12}\frac{d\Upsilon_1}{d\omega_4}$ etc. leicht. Dabei wurden, wie früher bemerkt, die Differentialquotienten für die sechs ersten Special-Werthe zuerst durch Potenzreihen nach $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$ dargestellt und diese dann mit Hülfe der Tafeln in trigonometrische verwandelt.

Um die Grössen $\frac{1}{12}\frac{d\Upsilon_2}{d\omega_4}$ etc. abzuleiten, wurde folgender Weg eingeschlagen. Es sei

$$m = -\frac{\varrho\,\mathrm{Cos}\,f'}{r'^2a'}$$

$$n = -\frac{\varrho\,\mathrm{Sin}\,f'}{r'^2a'}$$

und

$$m = \mu_1\,\mathrm{Cos}\,g' + \mu_2\,\mathrm{Cos}\,2g' + \mu_3\,\mathrm{Cos}\,3g' + \ldots\ldots$$
$$n = \nu_1\,\mathrm{Sin}\,g' + \nu_2\,\mathrm{Sin}\,2g' + \nu_3\,\mathrm{Sin}\,3g' + \ldots\ldots$$

oder

$$m + \sqrt{-1}\,n = \sum_{-\infty}^{+\infty}\alpha_i\,e^{i\sqrt{-1}g'},$$

wo

$$\alpha_i = \frac{\mu_i + \nu_i}{2}$$

$$\alpha_{-i} = \frac{\mu_i - \nu_i}{2}.$$

Wird nun der Winkel ξ eingeführt durch die Gleichung

$$g' = \xi + \varphi,$$

wo φ dieselbe Bedeutung wie auf Seite 32 hat, so erhalten wir

$$m + \sqrt{-1}\, n = \sum_{-\infty}^{+\infty} \alpha_i \operatorname{Cos} i\varphi\, e^{i\sqrt{-1}\xi} + \sqrt{-1} \sum_{-\infty}^{+\infty} \alpha_i \operatorname{Sin} i\varphi\, e^{i\sqrt{-1}\xi}.$$

Nach den von Asten in seiner Abhandlung pag. 49 gegebenen Ausdrücken für m und n wird

$$\begin{aligned}
\log \alpha_{-2} &= 6{,}0310_n \\
\text{» } \alpha_{-1} &= 7{,}30524_n \\
\text{» } \alpha_1 &= 0{,}8426580_n \\
\text{» } \alpha_2 &= 9{,}826815_n \\
\text{» } \alpha_3 &= 8{,}73717_n \\
\text{» } \alpha_4 &= 7{,}6190_n \\
\text{» } \alpha_5 &= 6{,}490_n
\end{aligned}$$

Da nun

$$e^{i\sqrt{-1}\xi} = \sum_{-\infty}^{+\infty} A_{2i'} e^{2i'\sqrt{-1}x}$$

ist, so wird man mittelst der Tafeln die Coefficienten $a_{2i'}$ und $b_{2i'}$ in der Gleichung

$$m + \sqrt{-1}\, n = \sum_{-\infty}^{+\infty} a_{2i'} e^{2i'\sqrt{-1}x} + \sqrt{-1} \sum_{-\infty}^{+\infty} b_{2i'} e^{2i'\sqrt{-1}x}$$

leicht berechnen können. Durch Trennung der reellen und imaginären Bestandtheile ergiebt sich dann

$$\begin{aligned}
m &= h_{0,c} + h_{1,c} \operatorname{Cos} 2x + h_{2,c} \operatorname{Cos} 4x + \ldots\ldots \\
n &= \quad h_{1,s} \operatorname{Sin} 2x + h_{2,s} \operatorname{Sin} 4x + \ldots\ldots
\end{aligned}$$

Bei der Ableitung von m und n ist es eine wesentliche Erleichterung, mit Exponentialfunctionen zu operiren. Die trigonometrischen Functionen sind weniger zweckmässig, da sie auf doppelt so zeitraubende Arbeit beim Uebergang zum Argument x führen.

Es scheint mir nicht überflüssig, die numerischen Ausdrücke für m und n anzuführen. In denselben ist, wie überall im Folgenden, $2x = \chi$ gesetzt. Die Coefficienten sind mit der Jupitersmasse multiplicirt und in Secunden verwandelt.

m

$\omega =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0χ	$-2\overset{''}{,}7517$	$-2\overset{''}{,}7833$	$-2\overset{''}{,}3817$	$-2\overset{''}{,}3919$	$-2\overset{''}{,}9571$	$-3\overset{''}{,}0210$	$-3\overset{''}{,}0785$	$-3\overset{''}{,}1259$	$-3\overset{''}{,}1625$	$-3\overset{''}{,}1876$	$-3\overset{''}{,}2024$
Cos χ	−5,1209	+5,1829	+5,2782	+5,3973	+5,5259	+5,6525	+5,7662	+5,8604	+5,9330	+5,9831	+6,0126
Cos 2χ	+2,2642	+2,2801	+2,3044	+2,3341	+2,3660	+2,3966	+2,4235	+2,4457	+2,4624	+2,4738	+2,4803
Cos 3χ	+0,7425	+0,7413	+0,7396	+0,7368	+0,7336	+0,7301	+0,7269	+0,7233	+0,7208	+0,7189	+0,7177
Cos 4χ	+0,1943	+0,1915	+0,1869	+0,1814	+0,1751	+0,1690	+0,1633	+0,1586	+0,1549	+0,1524	+0,1509
Cos 5χ	+0,0381	+0,0368	+0,0344	+0,0313	+0,0284	+0,0254	+0,0226	+0,0206	+0,0188	+0,0178	+0,0170
Cos 6χ	+0,0031	+0,0026	+0,0019	+0,0008	−0,0001	−0,0010	−0,0019	−0,0026	−0,0030	−0,0034	−0,0035
Cos 7χ	−0,0018	−0,0019	−0,0021	−0,0024	−0,0026	−0,0026	−0,0029	−0,0030	−0,0031	−0,0031	−0,0032
Cos 8χ	−0,0013	−0,0013	−0,0014	−0,0012	−0,0013	−0,0013	−0,0013	−0,0014	−0,0013	−0,0013	−0,0013
Cos 9χ	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0005	−0,0005	−0,0004	−0,0004	−0,0004	−0,0004
Cos 10χ	−0,0002	−0,0002	−0,0001	−0,0002	−0,0002	−0,0002	−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0002
Sin χ	+3,1056	+3,0323	+2,9133	+2,7554	+2,5677	+2,3649	+2,1594	+1,9696	+1,8079	+1,6856	+1,6096
Sin 2χ	+1,2574	+1,2233	+1,1689	+1,0983	+1,0157	+0,9287	+0,8430	+0,7647	+0,6991	+0,6500	+0,6195
Sin 3χ	+0,2479	+0,2386	+0,2241	+0,2061	+0,1863	+0,1662	+0,1476	+0,1316	+0,1182	+0,1089	+0,1031
Sin 4χ	−0,0069	−0,0081	−0,0101	−0,0120	−0,0135	−0,0147	−0,0151	−0,0150	−0,0148	−0,0141	−0,0139
Sin 5χ	−0,0296	−0,0296	−0,0288	−0,0279	−0,0266	−0,0250	−0,0230	−0,0213	−0,0198	−0,0186	−0,0177
Sin 6χ	−0,0155	−0,0152	−0,0146	−0,0138	−0,0129	−0,0117	−0,0108	−0,0097	−0,0090	−0,0083	−0,0080
Sin 7χ	−0,0055	−0,0054	−0,0049	−0,0046	−0,0043	−0,0039	−0,0035	−0,0031	−0,0029	−0,0027	−0,0025
Sin 8χ	−0,0016	−0,0015	−0,0015	−0,0013	−0,0012	−0,0009	−0,0008	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0006
Sin 9χ	−0,0004	−0,0003	−0,0002	−0,0002	−0,0002	−0,0002	−0,0002	−0,0001	0,0000	−0,0002	−0,0002
Sin 10χ	−0,0001	−0,0001	−0,0001			+0,0001	+0,0001	+0,0002	+0,0001		

n

Cos 0χ	+1,8493	+1,8047	+1,7329	+1,6377	+1,5250	+1,4029	+1,2807	+1,1675	+1,0713	+0,9986	+0,9532
Cos χ	−3,5294	−3,4459	−3,3107	−3,1310	−2,9179	−2,6855	−2,4538	−2,2376	−2,0547	−1,9156	−1,8290
Cos 2χ	−1,2670	−1,2325	−1,1779	−1,1065	−1,0235	−0,9359	−0,8494	−0,7705	−0,7045	−0,6550	−0,6241
Cos 3χ	−0,2475	−0,2382	−0,2239	−0,2059	−0,1861	−0,1660	−0,1474	−0,1314	−0,1182	−0,1089	−0,1032
Cos 4χ	+0,0071	+0,0083	+0,0101	+0,0120	+0,0135	+0,0147	+0,0151	+0,0150	+0,0148	+0,0141	+0,0139
Cos 5χ	+0,0296	+0,0296	+0,0288	+0,0279	+0,0266	+0,0250	+0,0230	+0,0213	+0,0198	+0,0186	+0,0177
Cos 6χ	+0,0155	+0,0152	+0,0146	+0,0138	+0,0129	+0,0117	+0,0108	+0,0097	+0,0090	+0,0083	+0,0080
Cos 7χ	+0,0055	+0,0054	+0,0049	+0,0046	+0,0043	+0,0039	+0,0035	+0,0031	+0,0029	+0,0026	+0,0025
Cos 8χ	+0,0016	+0,0015	+0,0015	+0,0013	+0,0012	+0,0009	+0,0008	+0,0006	+0,0006	+0,0007	+0,0006
Cos 9χ	+0,0004	+0,0003	+0,0002	+0,0001	+0,0002	+0,0002	+0,0002	+0,0001	+0,0001	+0,0002	+0,0002
Cos 10χ	+0,0001	+0,0001	+0,0001								
Sin χ	+4,5015	+4,4561	+4,6410	+4,7443	+4,8575	+4,9689	+5,0688	+5,1520	+5,2156	+5,2595	+5,2852
Sin 2χ	+2,2442	+2,2599	+2,2842	+2,3135	+2,3452	+2,3752	+2,4021	+2,4243	+2,4406	+2,4520	+2,4583
Sin 3χ	+0,7415	+0,7403	+0,7386	+0,7360	+0,7326	+0,7291	+0,7259	+0,7223	+0,7198	+0,7179	+0,7167
Sin 4χ	+0,1941	+0,1913	+0,1867	+0,1812	+0,1749	+0,1688	+0,1631	+0,1584	+0,1549	+0,1522	+0,1507
Sin 5χ	+0,0381	+0,0368	+0,0344	+0,0313	+0,0284	+0,0254	+0,0226	+0,0206	+0,0188	+0,0178	+0,0170
Sin 6χ	+0,0031	+0,0026	+0,0019	+0,0008	−0,0001	−0,0010	−0,0019	−0,0026	−0,0030	−0,0034	−0,0035
Sin 7χ	−0,0018	−0,0019	−0,0021	−0,0024	−0,0026	−0,0026	−0,0029	−0,0030	−0,0031	−0,0031	−0,0032
Sin 8χ	−0,0013	−0,0013	−0,0014	−0,0012	−0,0013	−0,0013	−0,0013	−0,0014	−0,0013	−0,0013	−0,0013
Sin 9χ	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0005	−0,0005	−0,0004	−0,0004	−0,0004	−0,0004
Sin 10χ	−0,0002	−0,0002	−0,0001	−0,0002	−0,0002	−0,0002	−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0002

Aus diesen Ausdrücken und den angeführten Werthen von P_1, Q_1 etc. erhalten wir

$$\frac{1}{12}\frac{dY_2}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	−0,0064	+0,0224	+0,1093	+0,2551	+0,4342	+0,6023	+0,7119	+0,7310	+0,6507	+0,4845	+0,2576
Cos χ	+0,0452	+0,0207	−0,1203	−0,3825	−0,7167	−1,0418	−1,2613	−1,3144	−1,1806	−0,8840	−0,4715
Cos 2χ	−0,0909	−0,1980	−0,3292	−0,4771	−0,6202	−0,7265	−0,7691	−0,7338	−0,6223	−0,4493	−0,2348
Cos 3χ	−0,0935	−0,1833	−0,2651	−0,3314	−0,3744	−0,3885	−0,3717	−0,3266	−0,2607	−0,1803	−0,0919
Cos 4χ	−0,0516	−0,0984	−0,1359	−0,1606	−0,1697	−0,1645	−0,1467	−0,1213	−0,0919	−0,0609	−0,0303
Cos 5χ	−0,0208	−0,0393	−0,0529	−0,0603	−0,0614	−0,0567	−0,0478	−0,0378	−0,0273	−0,0175	−0,0084
Cos 6χ	−0,0067	−0,0124	−0,0164	−0,0180	−0,0178	−0,0156	−0,0127	−0,0093	−0,0065	−0,0039	−0,0019

$\omega =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 7χ	−0,0030	−0,0037	−0,0039	−0,0038	−0,0033	−0,0023	−0,0015	−0,0010	−0,0005	−0,0003	
Cos 8χ	−0,0003	−0,0005	−0,0006	−0,0006	−0,0006	−0,0002	−0,0001	+0,0002	+0,0002	+0,0001	
Cos 9χ		+0,0001	+0,0002	+0,0004	+0,0002	0,0000	+0,0001	+0,0002	+0,0002	+0,0001	
Cos 10χ			−0,0001	+0,0002	+0,0002	+0,0003	+0,0001	0,0000	+0,0001		

Sin χ	−2,4820	−4,7936	−6,7565	−8,1897	−8,9539	−8,9895	−8,3389	−7,1424	−5,5726	−3,7918	−1,9129
Sin 2χ	−1,1642	−2,2424	−3,1475	−3,7969	−4,1296	−4,1253	−3,8116	−3,2542	−2,5331	−1,7211	−0,8675
Sin 3χ	−0,3426	−0,6564	−0,9144	−1,0930	−1,1772	−1,1651	−1,0685	−0,9063	−0,7023	−0,4760	−0,2395
Sin 4χ	−0,0716	−0,1360	−0,1863	−0,2188	−0,2311	−0,2245	−0,2026	−0,1699	−0,1307	−0,0882	−0,0443
Sin 5χ	−0,0070	−0,0126	−0,0163	−0,0172	−0,0165	−0,0144	−0,0118	−0,0094	−0,0067	−0,0045	−0,0021
Sin 6χ	+0,0028	+0,0055	+0,0078	+0,0101	+0,0113	+0,0114	+0,0109	+0,0095	+0,0073	+0,0050	+0,0025
Sin 7χ	+0,0021	+0,0040	+0,0055	+0,0067	+0,0073	+0,0070	+0,0065	+0,0054	+0,0043	+0,0028	+0,0014
Sin 8χ	+0,0010	+0,0017	+0,0024	+0,0025	+0,0028	+0,0026	+0,0023	+0,0020	+0,0015	+0,0010	+0,0005
Sin 9χ	+0,0003	+0,0005	+0,0007	+0,0009	+0,0010	+0,0008	+0,0008	+0,0006	+0,0004	+0,0004	+0,0001
Sin 10χ	+0,0001	+0,0001	+0,0002	+0,0003	+0,0003	+0,0002	+0,0001	+0,0001	+0,0001	+0,0001	+0,0001

$$\frac{1}{12}\frac{d\,\Psi_2}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	−0,7743	−1,4951	−2,1036	−2,5405	−2,7587	−2,7417	−2,5120	−2,1222	−1,6347	−1,1007	−0,5515
Cos χ	+1,4528	+2,8081	+3,9570	+4,7873	+5,2085	+5,1845	+4,7573	+4,0231	+3,1015	+2,0893	+1,0471
Cos 2χ	+0,6028	+1,1555	+1,6086	+1,9174	+2,0539	+2,0155	+1,8266	+1,5304	+1,1722	+0,7866	+0,3933
Cos 3χ	+0,1750	+0,3298	+0,4475	+0,5166	+0,5344	+0,5067	+0,4459	+0,3649	+0,2748	+0,1826	+0,0909
Cos 4χ	+0,0360	+0,0656	+0,0834	+0,0885	+0,0824	+0,0695	+0,0544	+0,0400	+0,0279	+0,0178	+0,0085
Cos 5χ	+0,0033	+0,0047	+0,0034	−0,0006	−0,0057	−0,0101	−0,0123	−0,0124	−0,0106	−0,0075	−0,0038
Cos 6χ	−0,0015	−0,0034	−0,0056	−0,0081	−0,0102	−0,0110	−0,0111	−0,0097	−0,0078	−0,0053	−0,0027
Cos 7χ	−0,0010	−0,0022	−0,0032	−0,0041	−0,0047	−0,0048	−0,0045	−0,0038	−0,0032	−0,0020	−0,0010
Cos 8χ	−0,0005	−0,0008	−0,0012	−0,0014	−0,0016	−0,0014	−0,0013	−0,0010	−0,0008	−0,0006	−0,0003
Cos 9χ	−0,0002	−0,0003	−0,0004	−0,0004	−0,0005	−0,0004	−0,0004	−0,0002	−0,0001	−0,0002	−0,0001
Cos 10χ		−0,0001		−0,0001	−0,0001	0,0000		−0,0002	+0,0001		

Sin χ	−0,0157	−0,2089	−0,6954	−1,4773	−2,4277	−3,3189	−3,9074	−4,0165	−3,5894	−2,6835	−1,4311
Sin 2χ	−0,0633	−0,2030	−0,4670	−0,8501	−1,2911	−1,6852	−1,9275	−1,9449	−1,7170	−1,2740	−0,6765
Sin 3χ	−0,0528	−0,1241	−0,2234	−0,3462	−0,4727	−0,5755	−0,6276	−0,6121	−0,5287	−0,3867	−0,2037
Sin 4χ	−0,0275	−0,0569	−0,0878	−0,1183	−0,1437	−0,1592	−0,1613	−0,1491	−0,1240	−0,0883	−0,0459
Sin 5χ	−0,0107	−0,0209	−0,0290	−0,0341	−0,0363	−0,0351	−0,0312	−0,0260	−0,0196	−0,0132	−0,0065
Sin 6χ	−0,0034	−0,0061	−0,0077	−0,0078	−0,0067	−0,0048	−0,0027	−0,0009	0,0000	+0,0005	+0,0003
Sin 7χ	−0,0008	−0,0014	−0,0014	−0,0009	−0,0002	+0,0004	+0,0013	+0,0015	+0,0017	+0,0014	+0 0007
Sin 8χ	−0,0001	−0,0001	−0,0001	0,0000	+0,0004	+0,0007	+0,0009	+0,0011	+0,0008	+0,0006	+0,0003
Sin 9χ		+0,0001	+0,0002	+0,0003	+0,0004	+0,0003	+0,0004	+0,0004	+0,0003	+0,0003	+0,0001
Sin 10χ		+0,0001		+0,0001	+0,0002	+0,0002	+0,0001		+0,0001	+0,0001	+0,0001

$$\frac{1}{12}\frac{d\,\Xi_2}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	−0,0121	+0,0067	+0,0767	+0,1984	+0,3492	+0,4901	+0,5793	+0,5918	+0,5231	+0,3866	+0,2046
Cos χ	+0,0686	+0,0742	−0,0262	−0,2387	−0,5184	−0,7951	−0,9813	−1,0291	−0,9231	−0,6888	−0,3662
Cos 2χ	−0,1235	−0,2558	−0,3983	−0,5419	−0,6660	−0,7435	−0,7565	−0,6982	−0,5762	−0,4076	−0,2104
Cos 3χ	−0,1286	−0,2486	−0,3507	−0,4253	−0,4645	−0,4653	−0,4298	−0,3652	−0,2833	−0,1915	−0,0961
Cos 4χ	−0,0713	−0,1353	−0,1850	−0,2159	−0,2248	−0,2141	−0,1876	−0,1522	−0,1133	−0,0738	−0,0364
Cos 5χ	−0,0287	−0,0545	−0,0730	−0,0830	−0,0844	−0,0778	−0,0655	−0,0517	−0,0372	−0,0239	−0,0115
Cos 6χ	−0,0092	−0,0172	−0,0228	−0,0253	−0,0253	−0,0223	−0,0185	−0,0139	−0,0099	−0,0060	−0,0029
Cos 7χ	−0,0023	−0,0042	−0,0052	−0,0055	−0,0056	−0,0049	−0,0038	−0,0027	−0,0019	−0,0011	−0,0005
Cos 8χ	−0,0003	−0,0006	−0,0009	−0,0010	−0,0009	−0,0004	−0,0002	+0,0001	0,0000	−0,0001	
Cos 9χ		+0,0001	+0,0002	+0,0004	+0,0003	+0,0002	+0,0001	+0,0001	+0,0002		
Cos 10χ				+0,0002	+0,0002	+0,0003	+0,0001	+0,0003	+0,0001		

Sin χ	−3,4397	−6,6439	−9,3681	−11,3682	−12,4553	−12,5459	−11,6883	−10,0607	−7,8889	−5,3909	−2,7276
Sin 2χ	−1,6137	−3,1096	−4,3692	−5,2804	−5,7596	−5,7765	−5,3633	−4,6037	−3,6025	−2,4586	−1,2429
Sin 3χ	−0,4748	−0,9113	−1,2725	−1,5262	−1,6511	−1,6433	−1,5164	−1,2943	−1,0091	−0,6871	−0,3470
Sin 4χ	−0,0994	−0,1893	−0,2608	−0,3084	−0,3285	−0,3223	−0,2938	−0,2485	−0,1927	−0,1308	−0,0658
Sin 5χ	−0,0097	−0,0178	−0,0236	−0,0256	−0,0258	−0,0236	−0,0203	−0,0168	−0,0125	−0,0085	−0,0042
Sin 6χ	+0,0038	+0,0075	+0,0106	+0,0134	+0,0144	+0,0148	+0,0141	+0,0121	+0,0094	+0,0063	+0,0032

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Sin 7χ	+0″,0028	+0″,0055	+0″,0075	+0″,0092	+0″,0100	+0″,0095	+0″,0089	+0″,0074	+0″,0059	+0″,0038	+0″,0020
Sin 8χ	+0,0013	+0,0023	+0,0034	+0,0035	+0,0038	+0,0036	+0,0033	+0,0028	+0,0021	+0,0015	+0,0007
Sin 9χ	+0,0004	+0,0009	+0,0011	+0,0012	+0,0014	+0,0010	+0,0011	+0,0008	+0,0005	+0,0006	+0,0002
Sin 10χ	+0,0001	+0,0003	+0,0002	+0,0003	+0,0004	+0,0003	+0,0002				+0,0001

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{\partial p_2}{\partial \omega_4}$$

Cos 0χ	+0,0001	−0,0007	−0,0021	−0,0053	−0,0102	−0,0160	−0,0213	−0,0241	−0,0231	−0,0181	−0,0100
Cos χ	+0,0001	+0,0011	+0,0038	+0,0095	+0,0184	+0,0292	+0,0389	+0,0444	+0,0428	+0,0337	+0,0186
Cos 2χ	+0,0001	+0,0007	+0,0025	+0,0054	+0,0099	+0,0149	+0,0190	+0,0209	+0,0197	+0,0153	+0,0084
Cos 3χ	+0,0001	+0,0004	+0,0012	+0,0026	+0,0042	+0,0060	+0,0072	+0,0076	+0,0070	+0,0052	+0,0029
Cos 4χ		+0,0002	+0,0005	+0,0010	+0,0015	+0,0021	+0,0023	+0,0019	+0,0020	+0,0014	+0,0008
Cos 5χ			+0,0002	+0,0004	+0,0004	+0,0006	+0,0006	+0,0006	+0,0005	+0,0003	
Cos 6χ				+0,0001	+0,0001	+0,0001	+0,0001	+0,0001	+0,0001		

Sin χ	+0,0008	+0,0063	+0,0195	+0,0401	+0,0646	+0,0867	+0,1003	+0,1015	+0,0894	+0,0661	+0,0354
Sin 2χ	+0,0003	+0,0030	+0,0089	+0,0184	+0,0293	+0,0392	+0,0452	+0,0457	+0,0401	+0,0296	+0,0157
Sin 3χ	+0,0001	+0,0008	+0,0025	+0,0051	+0,0081	+0,0107	+0,0123	+0,0123	+0,0108	+0,0080	+0,0037
Sin 4χ		+0,0002	+0,0005	+0,0009	+0,0015	+0,0019	+0,0021	+0,0021	+0,0018	+0,0014	+0,0007
Sin 5χ				+0,0001	+0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Sin 6χ				−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0002	−0,0001	−0,0001	−0,0001	

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dq_2}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	−0,0242	−0,0517	−0,0849	−0,1219	−0,1570	−0,1828	−0,1925	−0,1826	−0,1541	−0,1107	−0,0578
Cos χ	+0,0412	+0,0899	+0,1499	+0,2180	+0,2840	+0,3336	+0,3533	+0,3368	+0,2850	+0,2054	+0,1068
Cos 2χ	+0,0296	+0,0607	+0,0935	+0,1257	+0,1530	+0,1698	+0,1721	+0,1587	+0,1313	+0,0931	+0,0481
Cos 3χ	+0,0162	+0,0319	+0,0462	+0,0579	+0,0657	+0,0684	+0,0656	+0,0577	+0,0461	+0,0319	+0,0163
Cos 4χ	+0,0070	+0,0134	+0,0187	+0,0222	+0,0238	+0,0233	+0,0209	+0,0176	+0,0134	+0,0090	+0,0045
Cos 5χ	+0,0024	+0,0049	+0,0062	+0,0071	+0,0072	+0,0067	+0,0056	+0,0045	+0,0032	+0,0020	+0,0010
Cos 6χ	+0,0007	+0,0013	+0,0017	+0,0018	+0,0018	+0,0015	+0,0012	+0,0008	+0,0006	+0,0007	+0,0001
Cos 7χ	+0,0001	+0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0002	+0,0002		+0,0001		
Cos 8χ	+0,0001			+0,0001		−0,0001	−0,0001				

Sin χ	+0,2818	+0,5431	+0,7622	+0,9183	+0,9960	+0,9908	+0,9096	+0,7712	+0,5962	+0,4027	+0,2022
Sin 2χ	+0,1304	+0,2505	+0,3502	+0,4198	+0,4530	+0,4483	+0,4100	+0,3468	+0,2675	+0,1805	+0,0905
Sin 3χ	+0,0378	+0,0712	+0,0987	+0,1172	+0,1251	+0,1227	+0,1114	+0,0936	+0,0720	+0,0485	+0,0243
Sin 4χ	+0,0073	+0,0138	+0,0186	+0,0217	+0,0226	+0,0218	+0,0195	+0,0162	+0,0123	+0,0082	+0,0041
Sin 5χ	+0,0005	+0,0007	+0,0009	+0,0008	+0,0007	+0,0004	+0,0003	+0,0002	+0,0001	+0,0001	0,0000
Sin 6χ	−0,0004	−0,0008	−0,0012	−0,0015	−0,0016	−0,0016	−0,0016	−0,0013	−0,0010	−0,0007	−0,0003
Sin 7χ	−0,0003	−0,0005	−0,0007	−0,0008	−0,0009	−0,0009	−0,0008	−0,0006	−0,0005	−0,0003	−0,0002
Sin 8χ	−0,0001	−0,0002	−0,0003	−0,0003	−0,0003	−0,0003	−0,0003	−0,0002	−0,0001	−0,0001	
Sin 9χ			−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0001	−0,0001				

Da wir nun haben

$$\frac{1}{12}\frac{dY}{d\omega_4} = \frac{1}{12}\frac{dY_1}{d\omega_4} + \frac{1}{12}\frac{dY_2}{d\omega_4}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Psi}{d\omega_4} = \frac{1}{12}\frac{d\Psi_1}{d\omega_4} + \frac{1}{12}\frac{d\Psi_2}{d\omega_4}$$

$$\frac{1}{12}\frac{d\Xi}{d\omega_4} = \frac{1}{12}\frac{d\Xi_1}{d\omega_4} + \frac{1}{12}\frac{d\Xi_2}{d\omega_4}$$

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dp}{d\omega_4} = \frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dp_1}{d\omega_4} + \frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dp_2}{d\omega_4}$$

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dq}{d\omega_4} = \frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dq_1}{d\omega_4} + \frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dq_2}{d\omega_4},$$

so werden die vollständigen Ausdrücke der Differentialquotienten der Störungen der Elemente die folgenden sein:

$$\frac{1}{12}\,\frac{d\Upsilon}{d\omega_4}$$

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0χ	+ 0″,9222	+ 1″,3870	+ 1″,0825	− 0″,0518	− 1″,6867	− 3″,2477	− 4″,2047	− 4″,3646	− 3″,7998	− 2″,7463	− 1″,4252
Cos χ	− 2,0886	− 2,8534	− 1,3442	+ 2,4752	+ 7,5042	+11,9353	+14,2962	+14,1297	+11,9246	+ 8,4392	+ 4,3370
Cos 2χ	+ 2,6528	+ 3,2679	+ 0,4569	− 5,7116	−13,3072	−19,4248	−21,9963	−20,7898	−16,9046	−11,6287	− 5,8574
Cos 3χ	− 2,8873	− 3,6823	− 0,9397	+ 5,1720	+12,3815	+17,5437	+18,8478	+16,7191	+12,7433	+ 8,2956	+ 4,0411
Cos 4χ	+ 2,1977	+ 2,7180	+ 0,3871	− 4,5499	− 9,9487	−13,0963	−12,9115	−10,3872	− 7,1653	− 4,2698	− 1,9418
Cos 5χ	− 1,5588	− 1,9751	− 0,4098	+ 2,8916	+ 6,2007	+ 7,5539	+ 6,5871	+ 4,4907	+ 2,5282	+ 1,2094	+ 0,4640
Cos 6χ	+ 0,9348	+ 1,1809	+ 0,2037	− 1,7915	− 3,5522	− 3,8341	− 2,7440	− 1,3402	− 0,3832	+ 0,0266	+ 0,0780
Cos 7χ	− 0,5341	− 0,6850	− 0,1298	+ 0,9819	+ 1,8109	+ 1,6567	+ 0,8226	+ 0,0731	− 0,2598	− 0,2758	− 0,1756
Cos 8χ	+ 0,2836	+ 0,3687	+ 0,0631	− 0,5182	− 0,8631	− 0,6173	− 0,1055	+ 0,2123	+ 0,2617	+ 0,1825	+ 0,0749
Cos 9χ	− 0,1444	− 0,1911	− 0,0358	+ 0,2607	+ 0,3837	+ 0,1831	− 0,0835	− 0,1735	− 0,1349	− 0,0696	− 0,0256
Cos 10χ	+ 0,0704	+ 0,0960	+ 0,0181	− 0,1262	− 0,1595	− 0,0300	+ 0,0833	+ 0,0823	+ 0,0436	+ 0,0096	+ 0,0008
Cos 11χ	− 0,0335	− 0,0469	− 0,0090	+ 0,0597	+ 0,0621	− 0,0101	− 0,0501	− 0,0295	− 0,0043	+ 0,0060	+ 0,0043
Cos 12χ	+ 0,0153	+ 0,0224	+ 0,0044	− 0,0276	− 0,0222	+ 0,0138	+ 0,0222	+ 0,0060	− 0,0048	− 0,0053	− 0,0038
Cos 13χ	− 0,0069	− 0,0105	− 0,0021	+ 0,0123	+ 0,0071	− 0,0093	− 0,0080	+ 0,0006	+ 0,0051	+ 0,0029	+ 0,0020
Cos 14χ	+ 0,0031	+ 0,0049	+ 0,0010	− 0,0056	− 0,0019	+ 0,0050	+ 0,0023	− 0,0006	− 0,0015	− 0,0003	+ 0,0004
Cos 15χ	− 0,0013	− 0,0021	− 0,0004	+ 0,0023	+ 0,0002	− 0,0022	− 0,0002	+ 0,0007	− 0,0002	+ 0,0006	− 0,0005
Cos 16χ	+ 0,0005	+ 0,0010	+ 0,0001	− 0,0010	+ 0,0001	+ 0,0008	+ 0,0004	+ 0,0008	0,0000	0,0000	− 0,0002

Sin χ	+15,0303	+29,0430	+40,6514	+48,1757	+50,3748	+47,2864	+40,3507	+31,6057	+22,6920	+14,4425	+ 6,9805
Sin 2χ	−19,3037	−37,3852	−52,3258	−61,6057	−63,3589	−57,8751	−47,6672	−35,9070	−24,8519	−15,3517	− 7,2766
Sin 3χ	+11,4409	+22,3357	+31,2664	+35,9992	+34,9354	+28,7815	+20,3557	+12,5753	+ 6,9069	+ 3,3692	+ 1,3268
Sin 4χ	− 6,3599	−12,5860	−17,6813	−19,8153	−17,7555	−14,2524	− 6,5279	− 2,1462	+ 0,1264	+ 0,7931	+ 0,5795
Sin 5χ	+ 3,0116	+ 6,1187	+ 8,6869	+ 9,3614	+ 7,3186	+ 3,5488	+ 0,1226	− 1,7039	− 2,0376	− 1,5634	− 0,8048
Sin 6χ	− 1,3451	− 2,8464	− 4,1149	− 4,2179	− 2,6668	− 0,3420	+ 1,3191	+ 1,7803	+ 1,4604	+ 0,9179	+ 0,4252
Sin 7χ	+ 0,5687	+ 1,2792	+ 1,9023	+ 1,8351	+ 0,8220	− 0,4444	− 1,0846	− 0,9969	− 0,6254	− 0,3054	− 0,1098
Sin 8χ	− 0,2230	− 0,5508	− 0,8535	− 0,7625	− 0,1627	+ 0,4513	+ 0,6047	+ 0,3997	+ 0,1554	+ 0,0272	− 0,0050
Sin 9χ	+ 0,0827	+ 0,2333	+ 0,3817	+ 0,3117	− 0,0166	− 0,2805	− 0,2564	− 0,0992	+ 0,0183	+ 0,0430	+ 0,0294
Sin 10χ	− 0,0270	− 0,0954	− 0,1677	− 0,1224	+ 0,0466	+ 0,1424	+ 0,0864	− 0,0061	− 0,0421	− 0,0337	− 0,0150
Sin 11χ	+ 0,0073	+ 0,0381	+ 0,0736	+ 0,0470	− 0,0358	− 0,0627	− 0,0145	+ 0,0256	+ 0,0249	+ 0,0143	+ 0,0052
Sin 12χ	− 0,0009	− 0,0147	− 0,0318	− 0,0175	+ 0,0211	+ 0,0237	− 0,0025	− 0,0160	− 0,0095	− 0,0032	− 0,0015
Sin 13χ	− 0,0007	+ 0,0055	+ 0,0138	+ 0,0062	− 0,0111	− 0,0071	+ 0,0073	+ 0,0064	+ 0,0035	+ 0,0012	− 0,0003
Sin 14χ	+ 0,0006	− 0,0019	− 0,0067	− 0,0021	+ 0,0052	+ 0,0014	− 0,0058	− 0,0020	+ 0,0008	+ 0,0018	+ 0,0012
Sin 15χ	− 0,0005	+ 0,0007	− 0,0023	+ 0,0006	− 0,0023	+ 0,0003	+ 0,0029	0,0000	− 0,0022	+ 0,0008	− 0,0004
Sin 16χ	+ 0,0002	− 0,0002	− 0,0011	− 0,0002	+ 0,0010	− 0,0006	− 0,0008	0,0000	+ 0,0016	+ 0,0004	− 0,0003

$$\frac{1}{12}\,\frac{d\Psi}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	+ 8,0799	−15,5863	+21,7201	−25,5918	+26,5759	−24,7620	+20,9759	−16,3068	+11,6344	+ 7,3680	+ 3,5513
Cos χ	−15,3815	−29,7036	+41,3257	−48,2753	−49,1985	−44,4441	−36,0843	−26,7031	−18,0971	−10,9541	− 5,1138
Cos 2χ	+12,6841	+24,5813	+34,0959	+39,0341	+37,9200	+31,4959	+22,5430	+14,0561	+ 7,7042	+ 3,6931	+ 1,4188
Cos 3χ	− 6,8270	−13,3735	−18,4699	−20,1986	−17,3675	−11,0722	− 4,1974	+ 0,7700	+ 3,0237	+ 3,0777	+ 1,8293
Cos 4χ	+ 3,6165	+ 7,1937	+ 9,8991	+10,2190	+ 7,3340	+ 2,4789	− 1,8755	− 4,1274	− 4,3090	− 3,2499	− 1,6843
Cos 5χ	− 1,6863	− 3,4550	− 4,7726	− 4,5670	− 2,3683	+ 0,6917	+ 2,8358	+ 3,3473	+ 2,7353	+ 1,7571	+ 0,8294
Cos 6χ	+ 0,7495	+ 1,6013	+ 2,2306	+ 1,9367	+ 0,5012	− 1,1648	− 0,9541	− 1,7383	− 1,1076	− 0,5516	− 0,2154
Cos 7χ	− 0,3177	− 0,7224	− 1,0251	− 0,7962	+ 0,0395	+ 0,8275	+ 0,9696	+ 0,6184	+ 0,2234	+ 0,0129	− 0,0486
Cos 8χ	+ 0,1263	+ 0,3143	+ 0,4579	+ 0,3079	− 0,1422	− 0,4628	− 0,3838	− 0,1202	+ 0,0586	+ 0,0995	+ 0,0526
Cos 9χ	− 0,0477	− 0,1345	− 0,2044	− 0,1161	+ 0,1104	+ 0,2164	+ 0,1053	− 0,0341	− 0,0887	− 0,0708	− 0,0349
Cos 10χ	+ 0,0162	+ 0,0560	+ 0,0898	+ 0,0411	− 0,0670	− 0,0881	− 0,0112	+ 0,0460	+ 0,0496	+ 0,0257	+ 0,0111
Cos 11χ	− 0,0047	− 0,0229	− 0,0391	− 0,0137	+ 0,0359	+ 0,0301	− 0,0139	− 0,0247	− 0,0166	− 0,0041	− 0,0002

$\omega_4 =$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 12χ	+ 0$''$0009	+ 0$''$0091	+ 0$''$0170	+ 0$''$0040	— 0$''$0160	— 0$''$0078	+ 0$''$0131	+ 0$''$0121	+ 0$''$0024	— 0$''$0024	— 0$''$0020
Cos 13χ	0,0000	— 0,0035	— 0,0074	— 0,0009	+ 0,0078	+ 0,0007	— 0,0023	— 0,0043	+ 0,0010	+ 0,0023	+ 0,0017
Cos 14χ	— 0,0003	+ 0,0012	+ 0,0031	+ 0,0001	— 0,0033	+ 0,0010	+ 0,0026	+ 0,0005	— 0,0006	— 0,0002	— 0,0001
Cos 15χ	+ 0,0002	— 0,0006	— 0,0013	+ 0,0001	+ 0,0013	— 0,0008	— 0,0008	— 0,0002	+ 0,0019	+ 0,0008	+ 0,0001
Cos 16χ	— 0,0001	+ 0,0002	+ 0,0005	— 0,0001	— 0,0005	+ 0,0004	0,0000	+ 0,0011	+ 0,0001	— 0,0001	0,0000
Sin χ	— 0,5769	+ 0,5669	+ 4,5241	+11,0817	+18,5115	+24,3368	+26,7261	+25,3210	+20,9226	+14,6728	+ 7,5054
Sin 2χ	+ 1,0534	— 0,3525	— 5,7829	—14,8585	—24,9026	—32,2468	—34,5308	—31,7606	—25,5076	—17,4755	— 8,8132
Sin 3χ	— 1,3370	— 0,7160	+ 3,1246	+ 9,7394	+16,6091	+20,6157	+20,3993	+16,9493	+12,2226	+ 7,5985	+ 3,5704
Sin 4χ	+ 1,0537	+ 0,7460	— 1,8180	— 6,2056	—10,3250	—11,8788	—10,4154	— 7,3582	— 4,3560	— 2,1994	— 0,8827
Sin 5χ	— 0,7668	— 0,6984	+ 0,7803	+ 3,3150	+ 5,3682	+ 5,4875	+ 3,8376	+ 1,7726	+ 0,3470	— 0,2405	— 0,2659
Sin 6χ	+ 0,4646	+ 0,4592	— 0,3646	— 1,7446	— 2,6400	— 2,2420	— 0,9804	+ 0,1336	+ 0,6226	+ 0,6007	+ 0,3237
Sin 7χ	— 0,2685	— 0,2853	+ 0,1497	+ 0,8622	+ 1,1932	+ 0,7523	— 0,0105	— 0,4689	— 0,5212	— 0,3636	— 0,1817
Sin 8χ	+ 0,1436	+ 0,1604	— 0,0624	— 0,4150	— 0,5051	— 0,1783	+ 0,2052	+ 0,3280	+ 0,2461	+ 0,1286	+ 0,0446
Sin 9χ	— 0,0735	— 0,0858	+ 0,0252	+ 0,1945	+ 0,1999	+ 0,0010	— 0,1583	— 0,1501	— 0,0683	— 0,0149	+ 0,0029
Sin 10χ	+ 0,0360	+ 0,0444	— 0,0098	— 0,0889	— 0,0722	+ 0,0339	+ 0,0844	+ 0,0488	+ 0,0011	— 0,0147	— 0,0086
Sin 11χ	— 0,0172	— 0,0220	+ 0,0038	+ 0,0399	+ 0,0234	— 0,0274	— 0,0338	— 0,0073	+ 0,0118	+ 0,0124	+ 0,0063
Sin 12χ	+ 0,0079	+ 0,0106	— 0,0014	— 0,0175	— 0,0061	+ 0,0159	+ 0,0115	— 0,0049	— 0,0084	— 0,0067	— 0,0031
Sin 13χ	— 0,0036	— 0,0053	+ 0,0006	+ 0,0076	+ 0,0008	— 0,0075	— 0,0006	+ 0,0042	+ 0,0050	+ 0,0039	+ 0,0005
Sin 14χ	+ 0,0016	+ 0,0023	— 0,0003	— 0,0032	+ 0,0006	+ 0,0030	— 0,0021	— 0,0019	— 0,0012	— 0,0003	+ 0,0003
Sin 15χ	— 0,0005	— 0,0011	+ 0,0001	+ 0,0013	— 0,0006	— 0,0012	+ 0,0007	+ 0,0028	— 0,0011	— 0,0006	— 0,0008
Sin 16χ	+ 0,0002	+ 0,0004	0,0000	— 0,0006	+ 0,0002	+ 0,0002	— 0,0004	— 0,0009	+ 0,0009	+ 0,0014	— 0,0002

$$\frac{1}{12}\,\frac{d\Xi}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	+ 1,3120	+ 2,1734	+ 2,2651	+ 1,4677	+ 0,0486	— 1,4605	— 2,5191	— 2,9080	— 2,6511	— 1,9562	— 1,0225
Cos χ	— 2,9588	— 4,4343	— 3,8198	+ 0,5050	+ 5,9005	+10,8770	+13,7467	+13,9190	+11,8860	+ 8,4559	+ 4,3560
Cos 2χ	+ 3,7292	+ 4,9242	+ 1,8378	— 5,5181	—14,8323	—22,5542	—26,0002	—24,8379	—20,3282	—14,0380	— 7,0835
Cos 3χ	— 4,0295	— 5,3173	— 1,9512	+ 5,9083	+15,3878	+22,4072	+24,5016	+22,0596	+17,0855	+11,2097	+ 5,5013
Cos 4χ	+ 3,0602	+ 3,8816	+ 0,8851	— 5,6515	—12,9512	—17,4120	—17,4844	—14,3354	—10,0844	— 6,1182	— 2,8193
Cos 5χ	— 2,1671	— 2,7911	— 0,7356	+ 3,7076	+ 8,2667	+10,2940	+ 9,1958	+ 6,4676	+ 3,7937	+ 1,9079	+ 0,7672
Cos 6χ	+ 1,2986	+ 1,6617	+ 0,3611	— 2,3513	— 4,8120	— 5,3211	— 3,9444	— 2,0580	— 0,7091	— 0,0815	+ 0,0513
Cos 7χ	— 0,7413	— 0,9609	— 0,2159	+ 1,5048	+ 2,4791	+ 2,3379	+ 1,2387	+ 0,3028	— 0,2920	— 0,3485	— 0,2324
Cos 8χ	+ 0,3934	+ 0,5157	+ 0,1104	— 0,6952	— 1,1930	— 0,8888	— 0,1965	+ 0,2573	+ 0,3490	+ 0,2529	+ 0,1063
Cos 9χ	— 0,2001	— 0,2674	— 0,0566	+ 0,3517	+ 0,5341	+ 0,2729	+ 0,0956	— 0,2336	— 0,1918	— 0,1037	— 0,0398
Cos 10χ	+ 0,0979	+ 0,1340	+ 0,0282	— 0,1716	— 0,2242	— 0,0513	+ 0,1092	+ 0,1162	+ 0,0659	+ 0,0177	+ 0,0034
Cos 11χ	— 0,0464	— 0,0661	— 0,0138	+ 0,0815	+ 0,0881	— 0,0100	— 0,0687	— 0,0429	— 0,0088	+ 0,0067	+ 0,0054
Cos 12χ	+ 0,0212	+ 0,0311	+ 0,0066	— 0,0378	— 0,0317	+ 0,0179	+ 0,0321	+ 0,0099	— 0,0059	— 0,0070	— 0,0053
Cos 13χ	— 0,0097	— 0,0144	— 0,0030	+ 0,0171	+ 0,0102	— 0,0123	— 0,0109	0,0000	+ 0,0067	+ 0,0041	+ 0,0029
Cos 14χ	+ 0,0043	+ 0,0067	+ 0,0014	— 0,0077	— 0,0027	+ 0,0066	+ 0,0035	— 0,0007	— 0,0020	— 0,0004	+ 0,0006
Cos 15χ	— 0,0018	— 0,0029	— 0,0007	+ 0,0034	+ 0,0003	— 0,0029	0,0000	+ 0,0008	0,0000	+ 0,0009	— 0,0006
Cos 16χ	+ 0,0008	+ 0,0014	+ 0,0003	— 0,0016	+ 0,0001	+ 0,0011	+ 0,0004	+ 0,0012	0,0000	+ 0,0010	— 0,0002
Sin χ	+20,8270	+40,2399	+56,3775	+67,0168	+70,5072	+66,8063	+57,7064	+45,8229	+33,3455	+21,4652	+10,4529
Sin 2χ	—26,7475	—51,7964	—72,5670	—85,7405	—88,8166	—82,0583	—68,6052	—52,5761	—37,0221	—23,2095	—11,1124
Sin 3χ	+15,8495	+30,9282	+43,3489	+50,1655	+49,2304	+41,3495	+30,1284	+19,4191	+11,2838	+ 5,8814	+ 2,4556
Sin 4χ	— 8,8095	—17,4239	—24,5162	—27,6637	—25,1857	—18,2401	—10,2315	— 4,9854	— 0,6807	+ 0,5501	+ 0,5386
Sin 5χ	+ 4,1705	+ 8,4644	+12,0403	+13,0925	+10,4801	+ 5,4461	+ 0,7278	— 1,9282	— 2,5631	— 2,0416	— 1,0736
Sin 6χ	— 1,8623	— 3,9355	— 5,7036	— 5,9142	— 3,8794	— 0,7280	+ 1,6138	+ 2,3576	+ 2,0056	+ 1,2946	+ 0,6074
Sin 7χ	+ 0,7870	+ 1,7671	+ 2,6359	+ 2,5793	+ 1,2292	— 0,5116	— 1,4469	— 1,3080	— 0,9080	— 0,4653	— 0,1783
Sin 8χ	— 0,3082	— 0,7605	— 1,1826	— 1,0749	— 0,2669	+ 0,5890	+ 0,8361	+ 0,5807	+ 0,2484	+ 0,0616	+ 0,0032
Sin 9χ	+ 0,1141	+ 0,3222	+ 0,5288	+ 0,4409	+ 0,0055	— 0,3793	— 0,3650	— 0,1562	+ 0,0104	+ 0,0516	+ 0,0378
Sin 10χ	— 0,0375	— 0,1313	— 0,2323	— 0,1745	+ 0,0579	+ 0,1979	+ 0,1277	+ 0,0004	— 0,0542	— 0,0460	— 0,0212
Sin 11χ	+ 0,0099	+ 0,0524	+ 0,1017	+ 0,0672	— 0,0469	— 0,0881	— 0,0242	— 0,0322	+ 0,0343	+ 0,0268	+ 0,0079
Sin 12χ	— 0,0013	— 0,0201	— 0,0442	— 0,0247	+ 0,0285	+ 0,0340	— 0,0018	+ 0,0218	— 0,0140	— 0,0055	— 0,0026
Sin 13χ	— 0,0009	+ 0,0076	+ 0,0190	+ 0,0089	— 0,0146	— 0,0109	+ 0,0096	+ 0,0092	+ 0,0055	— 0,0009	— 0,0003
Sin 14χ	+ 0,0010	— 0,0026	— 0,0082	— 0,0030	+ 0,0073	+ 0,0024	— 0,0077	— 0,0030	+ 0,0008	+ 0,0022	+ 0,0016
Sin 15χ	— 0,0007	+ 0,0008	+ 0,0034	+ 0,0011	— 0,0033	+ 0,0002	+ 0,0038	+ 0,0006	— 0,0032	— 0,0010	— 0,0007
Sin 16χ	+ 0,0005	— 0,0004	— 0,0013	— 0,0002	+ 0,0016	— 0,0007	— 0,0009	— 0,0001	+ 0,0023	+ 0,0009	— 0,0003

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dp}{d\omega_4}$$

ω_4	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Cos 0χ	+ 0,″0051	+ 0,″0391	+ 0,″1323	+ 0,″2969	+ 0,″5098	+ 0,″7063	+ 0,″8185	+ 0,″8121	+ 0,″6948	+ 0,″4992	+ 0,″2590
Cos χ	— 0,0082	— 0,0681	— 0,2325	— 0,5278	— 0,9110	— 1,2629	— 1,4561	— 1,4325	— 1,2147	— 0,8661	— 0,4472
Cos 2χ	+ 0,0054	+ 0,0456	+ 0,1627	+ 0,3817	+ 0,6687	+ 0,9230	+ 1,0441	+ 0,9993	+ 0,8236	+ 0,5732	+ 0,2911
Cos 3χ	— 0,0024	— 0,0231	— 0,0895	— 0,2201	— 0,3886	— 0,5192	— 0,5504	— 0,4854	— 0,3632	— 0,2327	— 0,1116
Cos 4χ	+ 0,0010	+ 0,0111	+ 0,0466	+ 0,1199	+ 0,2295	+ 0,2621	+ 0,2462	+ 0,1817	+ 0,1104	+ 0,0558	+ 0,0219
Cos 5χ	— 0,0003	— 0,0043	— 0,0218	— 0,0594	— 0,1004	— 0,1107	— 0,0895	— 0,0347	— 0,0007	+ 0,0121	+ 0,0095
Cos 6χ		+ 0,0015	+ 0,0100	+ 0,0288	+ 0,0458	+ 0,0405	+ 0,0145	— 0,0110	— 0,0221	— 0,0199	— 0,0109
Cos 7χ		— 0,0005	— 0,0045	— 0,0133	— 0,0190	— 0,0111	+ 0,0052	+ 0,0157	+ 0,0164	+ 0,0114	+ 0,0059
Cos 8χ			+ 0,0019	+ 0,0062	+ 0,0074	+ 0,0012	— 0,0071	— 0,0096	— 0,0073	— 0,0039	— 0,0013
Cos 9χ			— 0,0010	— 0,0028	— 0,0025	+ 0,0013	+ 0,0046	+ 0,0041	+ 0,0019	+ 0,0004	— 0,0001
Cos 10χ			+ 0,0004	+ 0,0013	+ 0,0007	— 0,0013	— 0,0021	— 0,0011	+ 0,0001	+ 0,0005	+ 0,0004
Sin χ	— 0,0057	— 0,0410	— 0,1175	— 0,2137	— 0,2831	— 0,2912	— 0,2417	— 0,1677	— 0,0999	— 0,0513	— 0,0205
Sin 2χ	+ 0,0072	+ 0,0537	+ 0,1515	+ 0,2689	+ 0,3389	+ 0,3204	+ 0,2369	+ 0,1258	+ 0,0471	+ 0,0070	— 0,0038
Sin 3χ	— 0,0047	— 0,0332	— 0,0914	— 0,1460	— 0,1438	— 0,0657	+ 0,0470	+ 0,1317	+ 0,1583	+ 0,1321	+ 0,0726
Sin 4χ	+ 0,0028	+ 0,0199	+ 0,0519	+ 0,0741	+ 0,0499	— 0,0262	— 0,1076	— 0,1505	— 0,1446	— 0,1077	— 0,0553
Sin 5χ	— 0,0015	— 0,0104	— 0,0258	— 0,0311	— 0,0039	+ 0,0491	+ 0,0925	+ 0,1020	+ 0,0833	+ 0,0542	+ 0,0256
Sin 6χ	+ 0,0008	+ 0,0052	+ 0,0124	+ 0,0120	— 0,0078	— 0,0378	— 0,0541	— 0,0480	— 0,0310	— 0,0158	— 0,0060
Sin 7χ	— 0,0003	— 0,0025	— 0,0059	— 0,0042	+ 0,0074	+ 0,0222	+ 0,0245	+ 0,0157	+ 0,0053	— 0,0003	— 0,0014
Sin 8χ	+ 0,0002	+ 0,0009	+ 0,0028	+ 0,0015	— 0,0051	— 0,0109	— 0,0087	— 0,0022	+ 0,0025	+ 0,0033	+ 0,0020
Sin 9χ		— 0,0005	— 0,0010	— 0,0002	+ 0,0029	+ 0,0046	+ 0,0020	— 0,0018	— 0,0028	— 0,0021	— 0,0012
Sin 10χ		+ 0,0003	+ 0,0005	0,0000	— 0,0014	— 0,0017	+ 0,0001	+ 0,0016	+ 0,0015	+ 0,0009	+ 0,0003

$$\frac{1}{12}\,\mathrm{Sec}\,i\,\frac{dq}{d\omega_4}$$

Cos 0χ	+ 1,6301	+ 3,3660	+ 5,1716	+ 6,7996	+ 7,8633	+ 8,0713	+ 7,4196	+ 6,1656	+ 4,6278	+ 3,0377	+ 1,4946
Cos χ	— 2,7924	— 5,8309	— 9,0862	—12,0843	—14,0594	—14,4285	—13,1963	—10,8752	— 8,0915	— 5,2710	— 2,5815
Cos 2χ	+ 1,8013	+ 3,9094	+ 6,3608	+ 8,7418	+10,3197	+10,5452	+ 9,4619	+ 7,5878	+ 5,4867	+ 3,4880	+ 1,6797
Cos 3χ	— 0,8447	— 1,8871	— 3,4978	— 5,0413	— 5,9938	— 5,9306	— 4,9878	— 3,6710	— 2,4197	— 1,4158	— 0,6449
Cos 4χ	+ 0,3453	+ 0,9296	+ 1,8177	+ 2,7493	+ 3,2347	+ 2,9937	+ 2,2311	+ 1,3880	+ 0,7361	+ 0,3410	+ 0,1263
Cos 5χ	— 0,1001	— 0,3669	— 0,8512	— 1,3621	— 1,5507	— 1,2654	— 0,7285	— 0,2619	— 0,0049	+ 0,0747	+ 0,0557
Cos 6χ	+ 0,0155	+ 0,1363	+ 0,3948	+ 0,6604	+ 0,7032	+ 0,4614	+ 0,1316	+ 0,0834	— 0,1470	— 0,1209	— 0,0631
Cos 7χ	+ 0,0099	— 0,0422	— 0,1757	— 0,3067	— 0,2988	— 0,1264	+ 0,0469	+ 0,1204	+ 0,1092	+ 0,0696	+ 0,0338
Cos 8χ	— 0,0121	+ 0,0095	+ 0,0774	+ 0,1398	+ 0,1142	+ 0,0134	— 0,0635	— 0,0734	— 0,0484	— 0,0234	— 0,0073
Cos 9χ	+ 0,0090	+ 0,0001	— 0,0337	— 0,0621	— 0,0402	+ 0,0137	+ 0,0410	+ 0,0312	+ 0,0129	+ 0,0023	— 0,0006
Cos 10χ	— 0,0057	— 0,0020	+ 0,0146	+ 0,0270	+ 0,0124	— 0,0137	— 0,0195	— 0,0082	+ 0,0004	+ 0,0033	+ 0,0020
Cos 11χ	+ 0,0031	+ 0,0017	— 0,0063	— 0,0117	— 0,0028	+ 0,0086	+ 0,0074	+ 0,0004	— 0,0027	— 0,0024	— 0,0011
Cos 12χ	— 0,0017	— 0,0011	+ 0,0026	+ 0,0049	0,0000	— 0,0044	— 0,0021	+ 0,0013	+ 0,0018	+ 0,0009	+ 0,0005
Cos 13χ	+ 0,0008	+ 0,0007	— 0,0011	— 0,0020	+ 0,0004	+ 0,0019	+ 0,0001	— 0,0009	— 0,0008	+ 0,0004	— 0,0001
Sin χ	— 1,8800	— 3,5069	— 4,5912	— 4,8855	— 4,3672	— 3,3251	— 2,1899	— 1,2726	— 0,6647	— 0,3128	— 0,1204
Sin 2χ	+ 2,4599	+ 4,5744	+ 5,9266	+ 6,1509	+ 5,2367	+ 3,6626	+ 2,0928	+ 0,9543	+ 0,3153	+ 0,0429	— 0,0223
Sin 3χ	— 1,5682	— 2,8777	— 3,5748	— 3,3399	— 2,2191	— 0,7491	+ 0,4258	+ 1,0015	+ 1,0549	+ 0,8042	+ 0,4218
Sin 4χ	+ 0,9301	+ 1,6950	+ 2,0326	+ 1,6960	+ 0,7569	— 0,3004	— 0,9779	— 1,1422	— 0,9629	— 0,6493	— 0,3191
Sin 5χ	— 0,4816	— 0,8761	— 1,0105	— 0,7129	— 0,0627	+ 0,5615	+ 0,8396	+ 0,7752	+ 0,5551	+ 0,3297	+ 0,1477
Sin 6χ	+ 0,2367	+ 0,4332	+ 0,4829	+ 0,2745	— 0,1194	— 0,4323	— 0,4904	— 0,3653	— 0,2076	— 0,0963	— 0,0348
Sin 7χ	— 0,1117	— 0,2089	— 0,2257	— 0,0976	+ 0,1189	+ 0,2503	+ 0,2220	+ 0,1183	+ 0,0350	— 0,0018	— 0,0080
Sin 8χ	+ 0,0502	+ 0,0961	+ 0,1026	+ 0,0294	— 0,0810	— 0,1242	— 0,0791	— 0,0166	+ 0,0164	+ 0,0203	+ 0,0110
Sin 9χ	— 0,0224	— 0,0438	— 0,0465	— 0,0070	+ 0,0456	+ 0,0528	+ 0,0180	— 0,0110	— 0,0189	— 0,0134	— 0,0065
Sin 10χ	+ 0,0092	+ 0,0195	+ 0,0206	+ 0,0005	— 0,0233	— 0,0198	+ 0,0009	+ 0,0117	+ 0,0100	+ 0,0051	+ 0,0017
Sin 11χ	— 0,0038	— 0,0087	— 0,0090	+ 0,0011	+ 0,0108	+ 0,0057	— 0,0045	— 0,0068	— 0,0032	— 0,0009	+ 0,0001
Sin 12χ	+ 0,0016	+ 0,0036	+ 0,0040	— 0,0009	— 0,0049	— 0,0009	+ 0,0031	+ 0,0025	+ 0,0004	— 0,0004	— 0,0002
Sin 13χ	— 0,0005	— 0,0016	— 0,0016	+ 0,0005	+ 0,0020	— 0,0003	— 0,0018	— 0,0004	+ 0,0001	+ 0,0005	+ 0,0002

Aus diesen Ausdrücken wurden mit Hülfe der Mechanischen Quadratur die Differentialquotienten $\frac{dY}{d\omega_4}$, $\frac{dZ}{d\omega_4}$ etc. auf die Form

$$\sum i \left\{ \begin{matrix} s_1 \operatorname{Sin} \omega_4 + s_2 \operatorname{Sin} 2\omega_4 + s_3 \operatorname{Sin} 3\omega_4 + \ldots \ldots \\ \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \operatorname{Cos} \\ \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} i\chi \; ^*)$$

gebracht, wobei das von Asten in seiner Abhandlung pag. 44 aufgestellte Schema benutzt wurde.

Die in dieser Weise erhaltenen Reihen nach beiden Argumenten, ω_4 und χ, ergaben durch Integration in Bezug auf ω_4 die folgenden Ausdrücke für die Elementenstörungen:

Υ

	Cos ω_4	Cos $2\omega_4$	Cos $3\omega_4$	Cos $4\omega_4$	Cos $5\omega_4$	Cos $6\omega_4$	Cos $7\omega_4$	Cos $8\omega_4$	Cos $9\omega_4$	Cos $10\omega_4$	Cos $11\omega_4$
Cos 0χ	+ 30″,9888	−14″,6342	− 2″,5181	+0″,1539	+0″,0768	+0″,0056	−0″,0039	−0″,0031	−0″,0001	+0″,0008	−0″,0018
Cos χ	−116,459	+39,750	+ 8,462	−0,315	−0,272	−0,017	+0,004	−0,001	−0,001	+0,001	−0,002
Cos 2χ	+186,233	−51,920	−14,754	+0,156	+0,503	+0,054	−0,015	−0,001	−0,001	−0,001	+0,001
Cos 3χ	−155,237	+40,754	+17,234	+0,387	−0,697	−0,096	+0,014	+0,006	−0,002	+0,001	0,000
Cos 4χ	+107,252	−22,210	−15,408	−1,008	+0,725	+0,150	−0,016	−0,006	−0,005	+0,001	0,000
Cos 5χ	− 54,262	+ 8,235	+11,092	+1,395	−0,613	−0,176	+0,007	+0,011	0,000	0,000	0,000
Cos 6χ	+ 23,778	− 1,220	− 6,722	−1,416	+0,417	+0,179	+0,002	−0,013	+0,001	−0,001	0,000
Cos 7χ	− 8,349	− 0,878	+ 3,505	+1,154	−0,214	−0,167	−0,003	+0,006	+0,005	−0,002	+0,001
Cos 8χ	+ 2,433	+ 0,940	− 1,560	−0,815	+0,086	+0,118	+0,017	−0,011	−0,003	−0,001	+0,001
Cos 9χ	− 0,507	− 0,544	+ 0,598	+0,494	−0,005	−0,083	−0,016	+0,006	+0,002	−0,001	+0,001
Cos 10χ	+ 0,054	+ 0,218	− 0,189	−0,263	−0,026	+0,049	+0,016	−0,004	−0,002	+0,001	−0,001
Cos 11χ	+ 0,020	− 0,063	+ 0,045	+0,126	+0,029	−0,027	−0,012	+0,002	+0,001	0,000	0,000
Cos 12χ	− 0,013	+ 0,008	− 0,007	−0,054	−0,021	+0,012	+0,008	0,000	−0,001		
Cos 13χ	+ 0,007	+ 0,006	− 0,001	+0,021	+0,013	−0,005	−0,005	0,000	0,000		
Cos 14χ	− 0,005	− 0,002	0,000	−0,007	−0,007	+0,001	+0,003	+0,001	−0,001		
Cos 15χ	+ 0,002	+ 0,001	+ 0,001	+0,002	+0,003	0,000	−0,001	−0,001	+0,001		
Cos 16χ	− 0,004	0,000	0,000	−0,001	−0,001						

Sin χ	−552,487	−53,991	+ 5,066	+1,708	+0,045	−0,038	−0,004	+0,001	−0,001	0,000	0,000
Sin 2χ	+674,775	+82,671	− 6,852	−3,174	−0,147	+0,082	+0,012	0,000	0,000	−0,001	+0,001
Sin 3χ	−334,810	−73,409	+ 4,102	+3,864	+0,313	−0,111	−0,024	+0,002	0,000	+0,001	−0,001
Sin 4χ	+149,467	+53,780	− 0,886	−3,714	−0,486	+0,120	+0,036	0,000	−0,002	+0,001	
Sin 5χ	− 49,838	−32,466	− 1,338	+2,928	+0,580	−0,096	−0,046	−0,001	+0,001	−0,001	
Sin 6χ	+ 13,667	+16,910	+ 2,106	−1,926	−0,578	+0,060	+0,047	+0,003	−0,002	+0,001	
Sin 7χ	− 3,073	− 7,645	− 1,887	+1,072	+0,484	−0,019	−0,044	−0,004	+0,001	−0,001	
Sin 8χ	+ 0,501	+ 3,009	+ 1,295	−0,491	−0,356	−0,008	+0,033	+0,008	−0,001	+0,002	
Sin 9χ	− 0,180	− 1,031	− 0,741	+0,176	+0,228	+0,023	−0,023	−0,007	0,000	−0,001	
Sin 10χ	+ 0,129	+ 0,306	+ 0,362	−0,036	−0,133	−0,025	+0,013	+0,006	0,000		
Sin 11χ	− 0,101	− 0,078	− 0,152	−0,011	+0,068	+0,023	−0,008	−0,005	0,000		
Sin 12χ	+ 0,052	+ 0,022	+ 0,057	+0,012	−0,030	−0,015	+0,003	+0,003	+0,001		
Sin 13χ	− 0,029	− 0,007	− 0,017	−0,011	+0,012	+0,010	−0,001	−0,002	−0,001		
Sin 14χ	+ 0,013	+ 0,006	+ 0,003	+0,007	−0,004	−0,006	0,000	+0,002			
Sin 15χ	− 0,003	− 0,003	0,000	−0,002	0,000	+0,003	0,000	−0,001			
Sin 16χ	− 0,001	+ 0,003	− 0,001	+0,001	0,000	−0,002	0,000	0,000			

Ψ

Cos 0χ	−290,1030	−30,3084	+ 2,4148	+0,9258	+0,0354	−0,0143	−0,0010	+0,0010	+0,0015	+0,0017	−0,0005
Cos χ	+518,812	+69,839	− 5,053	−2,455	−0,124	+0,051	+0,003	−0,005	−0,002	0,000	−0,001
Cos 2χ	−366,442	−79,434	+ 4,297	+3,551	+0,252	−0,083	−0,018	+0,005	+0,001	+0,002	0,000
Cos 3χ	+132,182	+64,813	− 1,046	−3,911	−0,448	+0,111	+0,026	+0,001	−0,003	0,000	0,000
Cos 4χ	− 38,903	−42,932	− 1,949	+3,582	+0,599	−0,101	−0,043	+0,001	+0,002	+0,001	0,000
Cos 5χ	+ 4,849	+22,736	+ 3,178	−2,334	−0,653	+0,071	+0,047	+0,003	−0,002	0,000	−0,001
Cos 6χ	+ 1,878	−10,095	− 2,942	+1,304	+0,586	−0,027	−0,045	−0,005	+0,003	0,000	0,000

*) Es darf vielleicht nicht unerwähnt bleiben, dass die Gleichung

$$d\Xi = -\frac{3}{4}\frac{r}{a}\operatorname{Cos} f\, d\Upsilon - \frac{3}{4}\frac{r}{a}\operatorname{Sin} f\, d\Psi$$

überall zur Anwendung kam, wo sie eine wirkliche Controle der Rechnungen gewährt.

	Cos ω_4	Cos $2\omega_4$	Cos $3\omega_4$	Cos $4\omega_4$	Cos $5\omega_4$	Cos $6\omega_4$	Cos $7\omega_4$	Cos $8\omega_4$	Cos $9\omega_4$	Cos $10\omega_4$	Cos $11\omega_4$
Cos 7χ	— 1,263	+ 3,710	— 2,051	—0,580	—0,440	—0,016	+0,043	+0,005	+0,001	—0,003	+0,001
Cos 8χ	+ 0,380	— 1,114	— 1,160	+0,165	+0,298	+0,028	—0,026	—0,009	+0,002	0,000	0,000
Cos 9χ	+ 0,074	+ 0,246	+ 0,560	0,000	—0,171	—0,036	+0,017	+0,008	—0,001	—0,001	+0,001
Cos 10χ	— 0,117	— 0,037	— 0,229	—0,042	+0,086	+0,030	—0,009	—0,005	—0,001	+0,001	
Cos 11χ	+ 0,072	+ 0,007	+ 0,077	+0,036	—0,036	—0,023	+0,003	+0,005	0,000	—0,001	
Cos 12χ	— 0,040	— 0,004	— 0,020	—0,022	+0,014	+0,014	—0,001	—0,003	0,000		
Cos 13χ	+ 0,006	+ 0,006	+ 0,006	+0,009	—0,005	—0,006	—0,001	+0,001	+0,001		
Cos 14χ	— 0,006	— 0,002	— 0,001	—0,003	+0,001	+0,003	+0,001	—0,001			
Cos 15χ	0,000	+ 0,003	— 0,001	+0,001	0,000	—0,001	—0,000				
Cos 16χ	— 0,002	+ 0,001	0,000	—0,001	0,000	0,000					
Sin χ	—253,930	+49,095	+12,128	—0,115	—0,335	—0,034	+0,007	0,000	0,000	0,000	0,000
Sin 2χ	+326,153	—58,939	—19,221	—0,199	+0,616	+0,077	—0,010	—0,004	+0,001	—0,001	+0,001
Sin 3χ	—188,697	+26,891	+18,312	+0,962	—0,733	—0,133	+0,016	+0,003	0,000	0,000	+0,002
Sin 4χ	+ 97,414	— 7,101	—13,898	—1,575	+0,678	+0,170	—0,008	—0,011	+0,001	0,000	0,000
Sin 5χ	— 37,692	+ 1,887	+ 8,579	+1,746	—0,480	—0,199	+0,007	+0,007	+0,003	—0,002	0,000
Sin 6χ	+ 12,436	— 3,496	— 4,401	—1,532	+0,270	+0,177	+0,012	—0,013	0,000	—0,001	+0,001
Sin 7χ	— 3,063	+ 2,450	+ 1,879	+1,101	—0,088	—0,148	—0,013	+0,008	+0,003	—0,002	+0,001
Sin 8χ	+ 0,440	— 1,230	— 0,628	—0,686	—0,006	+0,101	+0,019	—0,007	—0,002		
Sin 9χ	+ 0,038	— 0,472	+ 0,141	+0,368	+0,046	—0,063	—0,017	+0,004	+0,002		
Sin 10χ	— 0,053	+ 0,135	0,000	—0,172	—0,048	+0,036	+0,013	—0,001	—0,002		
Sin 11χ	+ 0,012	— 0,019	— 0,019	+0,070	+0,034	—0,014	—0,010	0,000	+0,002		
Sin 12χ	+ 0,004	— 0,008	+ 0,013	—0,025	—0,020	+0,004	+0,007	0,000	—0,001		
Sin 13χ	— 0,008	+ 0,008	— 0,003	+0,007	+0,011	—0,001	—0,004	—0,001	0,000		
Sin 14χ	+ 0,005	— 0,003	0,000	—0,001	—0,004	0,000	+0,002	+0,001	—0,001		
Sin 15χ	— 0,001	+ 0,001	+ 0,002	—0,001	+0,002	+0,001	—0,001	—0,001			
Sin 16χ	0,000	— 0,001	— 0,001	+0,001	—0,001	—0,001	+0,001	0,000			

[3]

Cos 0χ	+ 10,3670	—14,7331	— 2,7359	+0,2076	+0,0766	+0,0047	—0,0051	—0,0028	+0,0004	—0,0003	—0,0027
Cos χ	—101,552	+45,566	+ 9,135	—0,459	—0,310	—0,015	+0,005	—0,002	—0,001	+0,001	—0,003
Cos 2χ	+213,529	—66,310	—17,898	+0,309	+0,614	+0,062	—0,020	—0,001	—0,001	—0,001	+0,001
Cos 3χ	—198,303	+56,609	+22,009	+0,343	—0,885	—0,114	+0,015	+0,004	—0,004	+0,002	—0,001
Cos 4χ	+143,361	—32,957	—20,241	—1,153	+0,944	+0,186	—0,023	—0,007	—0,002	+0,001	0,000
Cos 5χ	— 74,664	+12,921	+14,962	+1,708	—0,811	—0,222	+0,010	+0,014	0,000	0,000	0,000
Cos 6χ	+ 33,409	— 2,515	— 9,201	—1,798	+0,571	+0,230	+0,001	—0,017	0,000	—0,001	+0,001
Cos 7χ	— 11,938	+ 0,866	+ 4,882	+1,499	—0,303	—0,218	—0,001	+0,008	+0,006	—0,004	+0,002
Cos 8χ	+ 3,544	+ 1,191	— 2,212	—1,082	+0,131	+0,157	+0,022	—0,014	—0,001	—0,001	+0,001
Cos 9χ	— 0,751	— 0,735	+ 0,866	+0,666	—0,017	—0,111	—0,021	+0,009	+0,002	—0,001	+0,001
Cos 10χ	+ 0,084	+ 0,306	— 0,282	—0,360	—0,030	+0,067	+0,020	—0,005	—0,004	+0,002	—0,001
Cos 11χ	+ 0,028	— 0,092	+ 0,072	+0,176	+0,037	—0,037	—0,016	+0,002	+0,002	—0,001	
Cos 12χ	— 0,021	+ 0,015	— 0,012	—0,076	—0,028	+0,017	+0,011	—0,001	—0,001		
Cos 13χ	+ 0,008	+ 0,006	— 0,000	+0,030	+0,017	—0,006	—0,006	0,000	+0,001		
Cos 14χ	— 0,006	— 0,002	+ 0,001	—0,010	—0,009	+0,002	+0,003	+0,001	—0,001		
Cos 15χ	+ 0,002	+ 0,002	+ 0,001	+0,003	+0,004	0,000	—0,002	—0,001	+0,001		
Cos 16χ	— 0,004	+ 0,002	— 0,001	—0,002	—0,001	—0,001	+0,001	0,000	0,000		
Sin χ	—781,531	— 69,233	+ 6,800	+2,098	+0,043	—0,048	—0,005	+0,002	—0,001	—0,001	—0,001
Sin 2χ	+957,391	+106,947	— 9,403	—3,964	—0,161	+0,101	+0,013	0,000	0,000	—0,002	0,000
Sin 3χ	—480,080	— 96,631	+ 6,053	+4,939	+0,367	—0,144	—0,028	+0,002	0,000	+0,001	—0,001
Sin 4χ	+216,681	+ 71,972	— 1,830	—4,854	—0,592	+0,156	+0,045	0,000	—0,002	0,000	—0,001
Sin 5χ	— 73,310	— 44,209	+ 1,295	+3,907	+0,728	—0,131	—0,058	—0,001	+0,002	+0,001	0,000
Sin 6χ	+ 20,513	+ 23,383	— 2,542	—2,626	—0,739	+0,085	+0,061	+0,004	—0,003	0,000	0,000
Sin 7χ	— 4,679	— 10,734	+ 2,413	+1,492	+0,633	—0,033	—0,058	—0,005	+0,002	+0,001	0,000
Sin 8χ	+ 0,756	+ 4,284	— 1,711	—0,704	—0,472	—0,005	+0,044	+0,009	—0,002	—0,002	0,000
Sin 9χ	— 0,234	— 1,488	+ 1,002	+0,264	+0,308	+0,028	—0,031	—0,009	+0,001	+0,003	—0,002
Sin 10χ	+ 0,160	+ 0,446	— 0,501	—0,062	—0,182	—0,031	+0,019	+0,008	0,000	—0,001	—0,001
Sin 11χ	— 0,133	— 0,115	+ 0,213	—0,009	+0,094	+0,029	—0,011	—0,006	+0,001		
Sin 12χ	+ 0,071	+ 0,030	— 0,081	+0,017	—0,042	—0,021	+0,005	+0,004	+0,001		
Sin 13χ	— 0,040	— 0,008	+ 0,025	—0,014	+0,017	+0,013	—0,001	—0,003	—0,001		
Sin 14χ	+ 0,016	+ 0,006	— 0,004	+0,009	—0,006	—0,008		+0,002			
Sin 15χ	— 0,005	— 0,004	0,000	—0,003	+0,001	+0,005		—0,001			
Sin 16χ	0,001	+ 0,003	— 0,001	+0,001	0,000	—0,002					

Sec $i\ \delta p$

	Cos ω_4	Cos $2\omega_4$	Cos $3\omega_4$	Cos $4\omega_4$	Cos $5\omega_4$	Cos $6\omega_4$	Cos $7\omega_4$	Cos $8\omega_4$
Cos 0χ	— 7″,7440	+ 1″,6884	+0″,2236	—0″,0475	—0″,0116	0″,0000	+0″,0003	
Cos χ	+ 13,710	— 2,948	—0,438	+0,092	+0,025	—0,001	—0,001	
Cos 2χ	— 9,714	+ 1,983	+0,405	—0,078	—0,027	+0,001	+0,001	
Cos 3χ	+ 5,026	— 0,819	—0,351	+0,046	+0,028	+0,001	—0,001	
Cos 4χ	— 2,228	+ 0,185	+0,260	—0,014	—0,026	—0,002	+0,001	
Cos 5χ	+ 0,753	+ 0,072	—0,158	—0,008	+0,019	+0,003	—0,001	
Cos 6χ	— 0,187	— 0,106	+0,078	+0,017	—0,012	—0,003	+0,001	
Cos 7χ	+ 0,014	+ 0,071	—0,029	—0,015	+0,006	+0,003		
Cos 8χ	+ 0,015	— 0,034	+0,007	+0,011	—0,002	—0,002		
Cos 9χ	— 0,010	+ 0,013	+0,001	—0,006	0,000	+0,001		
Cos 10χ	+ 0,003	— 0,003	—0,002	+0,003	+0,001	—0,001		
Sin χ	+ 2,670	+ 0,062	—0,265	—0,049	+0,006	+0,003	0,000	
Sin 2χ	— 2,769	— 0,328	+0,346	+0,084	—0,008	—0,005	0,000	
Sin 3χ	+ 0,114	+ 0,767	—0,219	—0,098	+0,004	+0,006	+0,001	
Sin 4χ	+ 0,544	— 0,609	+0,082	+0,085	+0,002	—0,006	—0,001	
Sin 5χ	— 0,531	+ 0,342	+0,007	—0,060	—0,006	+0,005	+0,001	
Sin 6χ	+ 0,297	— 0,140	—0,036	+0,034	+0,008	—0,003	—0,001	
Sin 7χ	— 0,122	+ 0,038	+0,033	—0,015	—0,007	+0,002		
Sin 8χ	+ 0,037	— 0,002	—0,020	+0,005	+0,005	—0,001		
Sin 9χ	— 0,007	— 0,005	+0,009	0,000	—0,003			
Sin 10χ	— 0,001	+ 0,004	—0,004	—0,001	+0,001			

Sec $i\ \delta q$

Cos 0χ	— 90,0028	— 1,6668	+2,2237	+0,2658	—0,0358	—0,0118	+0,0001	+0″,0005
Cos χ	+159,455	+ 3,064	—4,435	—0,564	+0,077	+0,026	+0,001	—0,001
Cos 2χ	—113,544	— 2,728	+4,198	+0,636	—0,083	—0,035	—0,001	+0,001
Cos 3χ	+ 60,706	+ 3,363	—3,370	—0,695	+0,075	+0,043	+0,003	—0,002
Cos 4χ	— 28,831	— 3,386	+2,298	+0,677	—0,047	—0,047	—0,005	+0,002
Cos 5χ	+ 11,273	+ 2,670	—1,299	—0,574	+0,013	+0,044	+0,006	—0,002
Cos 6χ	— 3,876	— 1,734	+0,596	+0,424	+0,014	—0,036	—0,007	+0,001
Cos 7χ	+ 1,097	+ 0,934	—0,208	—0,274	—0,030	+0,027	+0,007	
Cos 8χ	— 0,256	— 0,425	+0,037	+0,157	+0,031	—0,016	—0,007	
Cos 9χ	+ 0,047	+ 0,165	+0,014	—0,079	—0,026	+0,008	+0,005	
Cos 10χ	— 0,012	— 0,052	—0,019	+0,034	+0,018	—0,003	—0,004	
Cos 11χ	+ 0,006	+ 0,014	+0,012	—0,013	—0,011	+0,001	+0,002	
Cos 12χ	— 0,003	— 0,002	—0,005	+0,004	+0,006	0,000	—0,002	
Cos 13χ	+ 0,001	0,000	+0,001	—0,001	—0,003	0,000	+0,001	
Sin χ	+ 42,272	+11,790	+0,660	—0,362	—0,074	+0,004	+0,003	0,000
Sin 2χ	— 48,498	—16,849	—1,273	+0,575	+0,138	—0,005	—0,006	—0,001
Sin 3χ	+ 15,243	+13,895	+1,766	—0,569	—0,180	+0,002	+0,008	+0,001
Sin 4χ	— 2,806	— 8,976	—1,794	+0,424	+0,192	+0,004	—0,010	—0,002
Sin 5χ	— 1,369	+ 4,664	+1,473	—0,240	—0,174	—0,011	+0,010	+0,002
Sin 6χ	+ 1,369	— 2,024	—1,025	+0,091	+0,137	+0,016	—0,008	—0,002
Sin 7χ	— 0,654	+ 0,730	+0,614	—0,004	—0,094	—0,018	+0,006	+0,002
Sin 8χ	+ 0,219	— 0,210	—0,321	+0,031	+0,057	+0,016	—0,003	—0,002
Sin 9χ	— 0,033	+ 0,044	+0,148	+0,034	—0,030	—0,013	+0,001	—0,001
Sin 10χ	— 0,011	— 0,005	—0,060	—0,025	+0,014	+0,009		+0,001
Sin 11χ	+ 0,015	0,000	+0,021	+0,015	—0,005	—0,006		—0,001
Sin 12χ	— 0,008	— 0,001	—0,006	—0,007	+0,001	+0,003		
Sin 13χ	+ 0,004	+ 0,001	+0,001	+0,003	0,000	—0,002		

Ueber die diesen Ausdrücken hinzuzufügenden Integrationsconstanten Y_0, Φ_0, Ξ_0, δp_0, δq_0 ist hier nicht die rechte Stelle zu sprechen. Denn ihre vollständige Bestimmung wird

erst dann erfolgen, wenn die Störungen für die ganze Cometenbahn fertig berechnet sind, eine Arbeit, die in der nächsten Zeit absolvirt wird *).

Es erübrigt jetzt nur die Störungen der Coordinaten zu geben. Zur Berechnung von $n\delta z$, w und δs, d. h. der Störungen der mittleren Anomalie, des Logarithmus des Radius vectors und des Sinus der Breite dienten die Formeln

$$n\delta z = (n\delta z_0) + \int \left\{ \Upsilon \frac{ndt}{d\omega_4} \frac{r}{a} \operatorname{Cos} f + \Psi \frac{ndt}{d\omega_4} \frac{r}{a} \operatorname{Sin} f + \Xi \frac{ndt}{d\omega_4} \right\} d\omega_4$$

$$w = -\Upsilon \frac{1}{2} \frac{r}{a} \operatorname{Cos} f - \Psi \frac{1}{2} \frac{r}{a} \operatorname{Sin} f - \frac{2}{3} \Xi$$

$$\delta s = \delta q \operatorname{Sin} f - \delta p \operatorname{Cos} f$$

Die in der letzten Formel angewandten Ausdrücke für $\operatorname{Cos} f$ und $\operatorname{Sin} f$ sind:

$$\begin{aligned} \operatorname{Cos} f = {} & 9{,}997516_n + 7{,}880814_n \operatorname{Cos} \omega_4 + 7{,}277380 \operatorname{Cos} 2\omega_4 + 4{,}5985 \operatorname{Cos} 3\omega_4 \\ \operatorname{Sin} f = {} & 8{,}939569_n + 8{,}938795 \operatorname{Cos} \omega_4 + 6{,}27085 \operatorname{Cos} 2\omega_4 + 5{,}4926_n \operatorname{Cos} 3\omega_4 \end{aligned}$$

Dem Beispiele Asten's folgend, führe ich auch diejenigen Glieder an, welche Υ_0, Ψ_0, Ξ_0, δp_0, δq_0 enthalten, und lasse $(n\delta z_0)$ weg.

$$\begin{aligned} n\delta z = {} & + \Upsilon_0 \cdot 0{,}9583268 \operatorname{Cos} \omega_4 \\ & + \Upsilon_0 \cdot 0{,}0310670 \operatorname{Cos} 2\omega_4 \\ & - \Upsilon_0 \cdot 0{,}0043435 \operatorname{Cos} 3\omega_4 \\ & - \Upsilon_0 \cdot 0{,}0003135 \operatorname{Cos} 4\omega_4 \\ & + \Upsilon_0 \cdot 0{,}0000202 \operatorname{Cos} 5\omega_4 \\ & + \Upsilon_0 \cdot 0{,}0000026 \operatorname{Cos} 6\omega_4 \\ \\ & + \Psi_0 \cdot 0{,}0812962 \operatorname{Cos} \omega_4 \\ & - \Psi_0 \cdot 0{,}0180805 \operatorname{Cos} 2\omega_4 \\ & - \Psi_0 \cdot 0{,}0012251 \operatorname{Cos} 3\omega_4 \\ & + \Psi_0 \cdot 0{,}0001109 \operatorname{Cos} 4\omega_4 \\ & + \Psi_0 \cdot 0{,}0000119 \operatorname{Cos} 5\omega_4 \\ & - \Psi_0 \cdot 0{,}0000005 \operatorname{Cos} 6\omega_4 \end{aligned}$$

*) In diesem Augenblick sind die Jupiterstörungen erster Ordnung ermittelt für 4 der 6 Theile, in welche Asten die Cometenbahn getheilt hat. Der zwischen $f = 190°$ und $f = 207° 38' 52''{,}78$ liegende Theil wird von anderer Hand bearbeitet und wird voraussichtlich in den nächsten Monaten fertig. Der dem letztgenannten symmetrische Theil ist noch nicht in Angriff genommen. Da der Betrag der Störungen in demselben verhältnissmässig klein und also die Berechnung derselben keineswegs schwierig ist, so steht zu hoffen, dass vor Jahresfrist die vollständige Berechnung der Jupiterstörungen erster Ordnung des Encke'schen Cometen vorgelegt werden kann.

$$
\begin{aligned}
&- \Xi_0 \,.\, 0{,}5340651 \cos \omega_4 \\
&- \Xi_0 \,.\, 0{,}0109837 \cos 2\omega_4 \\
&+ \Xi_0 \,.\, 0{,}0016134 \cos 3\omega_4 \\
&+ \Xi_0 \,.\, 0{,}0000828 \cos 4\omega_4 \\
&- \Xi_0 \,.\, 0{,}0000060 \cos 5\omega_4 \\
&- \Xi_0 \,.\, 0{,}0000006 \cos 6\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&- 10''{,}6206 \cos \omega_4 \\
&- 0{,}5852 \cos 2\omega_4 \\
&- 0{,}5479 \cos 3\omega_4 \\
&- 0{,}0186 \cos 4\omega_4 \\
&+ 0{,}0016 \cos 5\omega_4 \\
&- 0{,}0006 \cos 6\omega_4 \\
&- 0{,}0002 \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&+22''{,}142 \cos \chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&+ 4{,}746 \cos \chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&+ 0{,}619 \cos \chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&- 0{,}127 \cos \chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&- 0{,}004 \cos \chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&+ 0{,}005 \cos \chi \,.\, \cos 6\omega_4
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
&- 1''{,}647 \sin \chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&+32{,}512 \sin \chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&+ 3{,}159 \sin \chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&- 0{,}297 \sin \chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&- 0{,}073 \sin \chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&- 0{,}002 \sin \chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&+ 0{,}001 \sin \chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&-21{,}140 \cos 2\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&- 9{,}742 \cos 2\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&+ 0{,}211 \cos 2\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&+ 0{,}421 \cos 2\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&+ 0{,}009 \cos 2\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&- 0{,}012 \cos 2\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&- 0{,}001 \cos 2\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
&+ 4{,}530 \sin 2\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&-39{,}904 \sin 2\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&- 4{,}501 \sin 2\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&+ 0{,}435 \sin 2\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&+ 0{,}122 \sin 2\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&+ 0{,}003 \sin 2\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&- 0{,}002 \sin 2\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&+12{,}654 \cos 3\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&+ 9{,}095 \cos 3\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&- 0{,}726 \cos 3\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&- 0{,}555 \cos 3\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&- 0{,}021 \cos 3\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&+ 0{,}017 \cos 3\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&+ 0{,}002 \cos 3\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
&- 7{,}042 \sin 3\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&+19{,}820 \sin 3\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&+ 3{,}500 \sin 3\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&- 0{,}179 \sin 3\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&- 0{,}121 \sin 3\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&- 0{,}008 \sin 3\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&+ 0{,}003 \sin 3\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&- 6{,}580 \cos 4\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&- 6{,}688 \cos 4\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&+ 0{,}435 \cos 4\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&+ 0{,}505 \cos 4\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&+ 0{,}036 \cos 4\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&- 0{,}017 \cos 4\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&- 0{,}003 \cos 4\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
&+ 6{,}185 \sin 4\chi \,.\, \cos \omega_4 \\
&- 8{,}801 \sin 4\chi \,.\, \cos 2\omega_4 \\
&- 2{,}433 \sin 4\chi \,.\, \cos 3\omega_4 \\
&+ 0{,}016 \sin 4\chi \,.\, \cos 4\omega_4 \\
&+ 0{,}106 \sin 4\chi \,.\, \cos 5\omega_4 \\
&+ 0{,}013 \sin 4\chi \,.\, \cos 6\omega_4 \\
&- 0{,}002 \sin 4\chi \,.\, \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$+ 2''{,}588 \cos 5\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 3{,}615 \cos 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}132 \cos 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}360 \cos 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}044 \cos 5\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 0{,}013 \cos 5\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$+ 0{,}004 \cos 5\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$- 4''{,}078 \sin 5\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 2{,}839 \sin 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 1{,}442 \sin 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}072 \sin 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}077 \sin 5\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}014 \sin 5\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$+ 0{,}002 \sin 5\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$- 0{,}772 \cos 6\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 1{,}701 \cos 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}040 \cos 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}212 \cos 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}042 \cos 6\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}008 \cos 6\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$- 0{,}004 \cos 6\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$+ 2{,}215 \sin 6\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}676 \sin 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}757 \sin 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}091 \sin 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}048 \sin 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}014 \sin 6\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$- 0{,}001 \sin 6\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$+ 0{,}089 \cos 7\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}663 \cos 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}092 \cos 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}111 \cos 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}034 \cos 7\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 0{,}004 \cos 7\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$+ 0{,}003 \cos 7\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$- 1{,}008 \sin 7\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}072 \sin 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}351 \sin 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}076 \sin 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}026 \sin 7\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}011 \sin 7\chi \cdot \cos 6\omega_4$

$+ 0{,}057 \cos 8\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}224 \cos 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}072 \cos 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}049 \cos 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}023 \cos 8\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}001 \cos 8\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$- 0{,}002 \cos 8\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$+ 0{,}397 \sin 8\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}047 \sin 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}143 \sin 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}053 \sin 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}011 \sin 8\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 0{,}009 \sin 8\chi \cdot \cos 6\omega_4$

$- 0{,}048 \cos 9\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}062 \cos 9\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}041 \cos 9\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}018 \cos 9\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}014 \cos 9\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}001 \cos 9\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$+ 0{,}002 \cos 9\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$- 0{,}130 \sin 9\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}032 \sin 9\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}050 \sin 9\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}029 \sin 9\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}003 \sin 9\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}005 \sin 9\chi \cdot \cos 6\omega_4$

$+ 0{,}021 \cos 10\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}014 \cos 10\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}019 \cos 10\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}005 \cos 10\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}006 \cos 10\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 0{,}001 \cos 10\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$- 0{,}001 \cos 10\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$+ 0{,}037 \sin 10\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}014 \sin 10\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}015 \sin 10\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}015 \sin 10\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$0{,}000 \sin 10\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 0{,}003 \sin 10\chi \cdot \cos 6\omega_4$
$+ 0{,}001 \sin 10\chi \cdot \cos 7\omega_4$

$$
\begin{aligned}
&- 0,''005 \cos 11\chi . \cos\ \omega_4 && - 0,''008 \sin 11\chi . \cos\ \omega_4\\
&+ 0,001 \cos 11\chi . \cos 2\omega_4 && - 0,003 \sin 11\chi . \cos 2\omega_4\\
&+ 0,007 \cos 11\chi . \cos 3\omega_4 && - 0,001 \sin 11\chi . \cos 3\omega_4\\
&\quad 0,000 \cos 11\chi . \cos 4\omega_4 && + 0,006 \sin 11\chi . \cos 4\omega_4\\
&- 0,004 \cos 11\chi . \cos 5\omega_4 && + 0,003 \sin 11\chi . \cos 5\omega_4\\
&- 0,001 \cos 11\chi . \cos 6\omega_4 && - 0,002 \sin 11\chi . \cos 6\omega_4\\
&+ 0,001 \cos 11\chi . \cos 7\omega_4 && - 0,001 \sin 11\chi . \cos 7\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&- 0,001 \cos 12\chi . \cos\ \omega_4 && + 0,002 \sin 12\chi . \cos\ \omega_4\\
&\quad 0,000 \cos 12\chi . \cos 2\omega_4 && + 0,001 \sin 12\chi , \cos 2\omega_4\\
&- 0,001 \cos 12\chi . \cos 3\omega_4 && + 0,001 \sin 12\chi . \cos 3\omega_4\\
&+ 0,001 \cos 12\chi . \cos 4\omega_4 && - 0,002 \sin 12\chi . \cos 4\omega_4\\
&+ 0,001 \cos 12\chi . \cos 5\omega_4 && \quad 0,000 \sin 12\chi . \cos 5\omega_4\\
& && + 0,001 \sin 12\chi . \cos 6\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
w = &+ Y_0 . 0,8912927\\
&+ Y_0 . 0,0429669\\
&- Y_0 . 0,0099389\\
&- Y_0 . 0,0004434\\
&+ Y_0 . 0,0000439\\
&+ Y_0 . 0,0000033\\
\\
&+ \Psi_0 . 0,0764026\\
&- \Psi_0 . 0,0743123\\
&- \Psi_0 . 0,0024655\\
&+ \Psi_0 . 0,0003558\\
&+ \Psi_0 . 0,0000208\\
&- \Psi_0 . 0,0000015\\
\\
&- \Xi_0 . 0,6666667\\
\\
&+ 11,''5560\\
&- 0,4331 \cos\ \omega_4\\
&+ 5,7032 \cos 2\omega_4\\
&+ 0,4122 \cos 3\omega_4\\
&- 0,0222 \cos 4\omega_4\\
&- 0,0052 \cos 5\omega_4\\
&- 0,0002 \cos 6\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&-22,''066 \cos \chi && - 2,''225 \sin \chi\\
&+ 1,708 \cos \chi . \cos\ \omega_4 && + 9,246 \sin \chi . \cos\ \omega_4\\
&-10,897 \cos \chi . \cos 2\omega_4 && - 0,923 \sin \chi . \cos 2\omega_4\\
&- 0,646 \cos \chi . \cos 3\omega_4 && + 0,513 \sin \chi . \cos 3\omega_4\\
&+ 0,041 \cos \chi . \cos 4\omega_4 && + 0,072 \sin \chi . \cos 4\omega_4\\
&+ 0,007 \cos \chi . \cos 5\omega_4 && - 0,006 \sin \chi . \cos 5\omega_4
\end{aligned}
$$

$+17''{,}976 \cos 2\chi$	$+ 2''{,}038 \sin 2\chi$
$- 2{,}934 \cos 2\chi \cdot \cos \omega_4$	$-11{,}680 \sin 2\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 8{,}894 \cos 2\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+ 0{,}753 \sin 2\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}337 \cos 2\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$- 1{,}138 \sin 2\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}022 \cos 2\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$- 0{,}089 \sin 2\chi \cdot \cos 4\omega_4$
	$+ 0{,}009 \sin 2\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 8{,}533 \cos 3\chi$	$+ 0{,}152 \sin 3\chi$
$+ 2{,}935 \cos 3\chi \cdot \cos \omega_4$	$+ 6{,}520 \sin 3\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 4{,}239 \cos 3\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+ 0{,}290 \sin 3\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}160 \cos 3\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$+ 0{,}378 \sin 3\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}004 \cos 3\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$+ 0{,}039 \sin 3\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}001 \cos 3\chi \cdot \cos 5\omega_4$	$+ 0{,}002 \sin 3\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$+ 3{,}915 \cos 4\chi$	$- 0{,}670 \sin 4\chi$
$- 2{,}262 \cos 4\chi \cdot \cos \omega_4$	$- 3{,}227 \sin 4\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 1{,}956 \cos 4\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$- 0{,}495 \sin 4\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}096 \cos 4\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$- 0{,}091 \sin 4\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}004 \cos 4\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$- 0{,}008 \sin 4\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 1{,}417 \cos 5\chi$	$+ 0{,}496 \sin 5\chi$
$+ 1{,}321 \cos 5\chi \cdot \cos \omega_4$	$+ 1{,}241 \sin 5\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}709 \cos 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+ 0{,}361 \sin 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}089 \cos 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$- 0{,}013 \sin 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}002 \cos 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$- 0{,}011 \sin 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}002 \cos 5\chi \cdot \cos 5\omega_4$	
$+ 0{,}462 \cos 6\chi$	$- 0{,}258 \sin 6\chi$
$- 0{,}638 \cos 6\chi \cdot \cos \omega_4$	$- 0{,}403 \sin 6\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}159 \cos 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$- 0{,}198 \sin 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}099 \cos 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$+ 0{,}013 \sin 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$0{,}000 \cos 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$+ 0{,}012 \sin 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}003 \cos 6\chi \cdot \cos 5\omega_4$	$+ 0{,}091 \sin 6\chi \cdot \cos 5\omega_4$
$- 0{,}136 \cos 7\chi$	$+ 0{,}090 \sin 7\chi$
$+ 0{,}287 \cos 7\chi \cdot \cos \omega_4$	$+ 0{,}101 \sin 7\chi \cdot \cos \omega_4$
$- 0{,}058 \cos 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+ 0{,}086 \sin 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$- 0{,}041 \cos 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$- 0{,}004 \sin 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$- 0{,}001 \cos 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$- 0{,}012 \sin 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}002 \cos 7\chi \cdot \cos 5\omega_4$	$- 0{,}001 \sin 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+ 0{,}036 \cos 8\chi$	$- 0{,}022 \sin 8\chi$
$- 0{,}107 \cos 8\chi \cdot \cos \omega_4$	$- 0{,}015 \sin 8\chi \cdot \cos \omega_4$
$+ 0{,}010 \cos 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$- 0{,}031 \sin 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+ 0{,}021 \cos 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$0{,}000 \sin 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+ 0{,}003 \cos 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$+ 0{,}006 \sin 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$- 0{,}002 \cos 8\chi \cdot \cos 5\omega_4$	$+ 0{,}001 \sin 8\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$$
\begin{aligned}
&-0''{,}012 \cos 9\chi && -0''{,}001 \sin 9\chi \\
&+0{,}034 \cos 9\chi \cdot \cos \omega_4 && -0{,}002 \sin 9\chi \cdot \cos \omega_4 \\
&\ \ 0{,}000 \cos 9\chi \cdot \cos 2\omega_4 && +0{,}010 \sin 9\chi \cdot \cos 2\omega_4 \\
&-0{,}009 \cos 9\chi \cdot \cos 3\omega_4 && +0{,}004 \sin 9\chi \cdot \cos 3\omega_4 \\
&-0{,}003 \cos 9\chi \cdot \cos 4\omega_4 && -0{,}003 \sin 9\chi \cdot \cos 4\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&+0{,}005 \cos 10\chi && +0{,}003 \sin 10\chi \\
&-0{,}012 \cos 10\chi \cdot \cos \omega_4 && +0{,}003 \sin 10\chi \cdot \cos \omega_4 \\
&-0{,}001 \cos 10\chi \cdot \cos 2\omega_4 && -0{,}001 \sin 10\chi \cdot \cos 2\omega_4 \\
&+0{,}004 \cos 10\chi \cdot \cos 3\omega_4 && -0{,}004 \sin 10\chi \cdot \cos 3\omega_4 \\
&+0{,}002 \cos 10\chi \cdot \cos 4\omega_4 && +0{,}001 \sin 10\chi \cdot \cos 4\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&-0{,}002 \cos 11\chi && -0{,}002 \cos 11\chi \\
&+0{,}003 \cos 11\chi \cdot \cos \omega_4 && \ \ 0{,}000 \cos 11\chi \cdot \cos \omega_4 \\
&+0{,}001 \cos 11\chi \cdot \cos 2\omega_4 && \ \ 0{,}000 \cos 11\chi \cdot \cos 2\omega_4 \\
&-0{,}003 \cos 11\chi \cdot \cos 3\omega_4 && +0{,}001 \cos 11\chi \cdot \cos 3\omega_4 \\
&-0{,}001 \cos 11\chi \cdot \cos 4\omega_4 && -0{,}001 \cos 11\chi \cdot \cos 4\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&+0{,}001 \cos 12\chi && +0{,}001 \cos 12\chi \\
&+0{,}002 \cos 12\chi \cdot \cos \omega_4 && -0{,}001 \cos 12\chi \cdot \cos \omega_4 \\
&-0{,}001 \cos 12\chi \cdot \cos 2\omega_4 && +0{,}001 \cos 12\chi \cdot \cos 2\omega_4 \\
&\ \ 0{,}000 \cos 12\chi \cdot \cos 3\omega_4 && \ \ 0{,}000 \cos 12\chi \cdot \cos 3\omega_4 \\
&+0{,}001 \cos 12\chi \cdot \cos 4\omega_4 && +0{,}002 \cos 12\chi \cdot \cos 4\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\delta s = &- \delta q_0 \cdot 0{,}084730 \\
&+ \delta q_0 \cdot 0{,}084578 \cos \omega_4 \\
&+ \delta q_0 \cdot 0{,}000182 \cos 2\omega_4 \\
&- \delta q_0 \cdot 0{,}000030 \cos 3\omega_4 \\
&+ \delta p_0 \cdot 0{,}968255 \\
&+ \delta p_0 \cdot 0{,}007401 \cos \omega_4 \\
&- \delta p_0 \cdot 0{,}001844 \cos 2\omega_4 \\
&- \delta p_0 \cdot 0{,}000003 \cos 3\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&-3''{,}8367 \\
&+0{,}0625 \cos \omega_4 \\
&-1{,}9627 \cos 2\omega_4 \\
&-0{,}0260 \cos 3\omega_4 \\
&+0{,}0244 \cos 4\omega_4 \\
&+0{,}0023 \cos 5\omega_4 \\
&-0{,}0005 \cos 6\omega_4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&+6''{,}797 \cos \chi && +1''{,}798 \sin \chi \\
&-0{,}115 \cos \chi \cdot \cos \omega_4 && -0{,}497 \sin \chi \cdot \cos \omega_4 \\
&+3{,}487 \cos \chi \cdot \cos 2\omega_4 && +0{,}884 \sin \chi \cdot \cos 2\omega_4
\end{aligned}
$$

$+0''{,}048 \cos\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}049 \cos\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}006 \cos\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+0''{,}173 \sin\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}008 \sin\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}003 \sin\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-4{,}840 \cos 2\chi$
$+0{,}106 \cos 2\chi \cdot \cos \omega_4$
$-2{,}506 \cos 2\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}045 \cos 2\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}046 \cos 2\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}006 \cos 2\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-2{,}063 \sin 2\chi$
$+0{,}713 \sin 2\chi \cdot \cos \omega_4$
$-1{,}003 \sin 2\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}248 \sin 2\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}016 \sin 2\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}004 \sin 2\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+2{,}587 \cos 3\chi$
$-0{,}139 \cos 3\chi \cdot \cos \omega_4$
$+1{,}362 \cos 3\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}055 \cos 3\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}037 \cos 3\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}006 \cos 3\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+0{,}644 \sin 3\chi$
$-0{,}590 \sin 3\chi \cdot \cos \omega_4$
$+0{,}282 \sin 3\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}207 \sin 3\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}020 \sin 3\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}005 \sin 3\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-1{,}227 \cos 4\chi$
$+0{,}142 \cos 4\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}663 \cos 4\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}058 \cos 4\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}026 \cos 4\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}006 \cos 4\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-0{,}117 \sin 4\chi$
$+0{,}382 \sin 4\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}022 \sin 4\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}133 \sin 4\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}022 \sin 4\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}004 \sin 4\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+0{,}480 \cos 5\chi$
$-0{,}113 \cos 5\chi \cdot \cos \omega_4$
$+0{,}268 \cos 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}046 \cos 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}014 \cos 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}005 \cos 5\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-0{,}060 \sin 5\chi$
$-0{,}200 \sin 5\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}062 \sin 5\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}070 \sin 5\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}017 \sin 5\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}001 \sin 5\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-0{,}165 \cos 6\chi$
$+0{,}074 \cos 6\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}098 \cos 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}029 \cos 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}006 \cos 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}004 \cos 6\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+0{,}059 \cos 6\chi$
$+0{,}085 \cos 6\chi \cdot \cos \omega_4$
$+0{,}051 \cos 6\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}031 \cos 6\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}012 \cos 6\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}001 \cos 6\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$+0{,}046 \cos 7\chi$
$-0{,}039 \cos 7\chi \cdot \cos \omega_4$
$+0{,}027 \cos 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}017 \cos 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$-0{,}001 \cos 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}002 \cos 7\chi \cdot \cos 5\omega_4$

$-0{,}027 \sin 7\chi$
$-0{,}032 \sin 7\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}027 \sin 7\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}011 \sin 7\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}006 \sin 7\chi \cdot \cos 4\omega_4$

$-0''{,}011 \cos 8\chi$	$+0''{,}009 \sin 8\chi$
$+0{,}019 \cos 8\chi \cdot \cos \omega_4$	$+0{,}008 \sin 8\chi \cdot \cos \omega_4$
$-0{,}006 \cos 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+0{,}012 \sin 8\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}007 \cos 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$-0{,}002 \sin 8\chi \cdot \cos 3\omega_4$
$+0{,}001 \cos 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$	$-0{,}003 \sin 8\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$+0{,}001 \cos 8\chi \cdot \cos 5\omega_4$	
$+0{,}002 \cos 9\chi$	$-0{,}001 \sin 9\chi$
$-0{,}007 \cos 9\chi \cdot \cos \omega_4$	$-0{,}002 \sin 9\chi \cdot \cos \omega_4$
$+0{,}001 \cos 9\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$-0{,}004 \sin 9\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$+0{,}004 \cos 9\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$0{,}000 \sin 9\chi \cdot \cos 3\omega_4$
	$+0{,}002 \sin 9\chi \cdot \cos 4\omega_4$
$-0{,}001 \cos 10\chi$	$0{,}000 \sin 10\chi$
$+0{,}002 \cos 10\chi \cdot \cos \omega_4$	$0{,}000 \sin 10\chi \cdot \cos \omega_4$
$0{,}000 \cos 10\chi \cdot \cos 2\omega_4$	$+0{,}001 \sin 10\chi \cdot \cos 2\omega_4$
$-0{,}001 \cos 10\chi \cdot \cos 3\omega_4$	$0{,}000 \sin 10\chi \cdot \cos 3\omega_4$
	$-0{,}001 \sin 10\chi \cdot \cos 4\omega_4$

Wenn wir nun einen Rückblick auf unsere Rechnungen werfen, so geschieht dies hauptsächlich, um noch ein Paar Bemerkungen über die bei der Entwickelung von $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\cos f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\sin f'$ angewandten Argumente hinzuzufügen.

Dass es am zweckmässigsten ist, die Differential-Quotienten $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$, $\frac{d\Psi}{d\omega}$ etc. durch trigonometrische Reihen nach x, oder — was auf dasselbe herauskommt — nach χ auszudrücken, geht aus mehreren Umständen hervor. Dies ist unumgänglich nothwendig, wenn die verschiedenen Specialwerthe der Grössen $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\cos f'$ und $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\sin f'$ nach verschiedenen Argumenten entwickelt sind, denn bei der Anwendung der mechanischen Quadratur müssen die Specialwerthe, auf welche diese angewandt werden soll, selbstverständlich durch dasselbe Argument ausgedrückt sein. Wenn, wie in dieser Abhandlung geschehen ist, die mechanische Quadratur erst auf die Grössen $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$, $\frac{d\Psi}{d\omega}$ etc. angewandt wird, so wird est fast nothwendig, schon die $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$ etc. als trigonometrische Reihen nach x ausgedrückt zu haben, weil die Differential-Quotienten $\frac{d\Upsilon_2}{d\omega}$ etc. sich am bequemsten nach diesem Argument entwickeln lassen. Man könnte wohl die Frage stellen, ob es nicht zweckmässiger wäre, eins der beiden Argumente $\frac{k'}{\Delta}$ oder ψ durchgängig anzuwenden, wenn $(\Delta)^{-3}$ sich nach demselben für die ganze Cometenbahn entwickeln liesse, wobei man sich ausserdem die immerhin zeitraubende Arbeit des Ueberganges zum Argument x ersparen könnte. Ohne das delicate Summationsproblem, das bei der Bestimmung der Integrationsconstanten auftritt, zu berühren, wird man diese Frage befriedigend beantworten können.

Denn angenommen, dass die Grössen $\frac{d\Upsilon_1}{d\omega}$ in allen Theilen der Bahn auf die Form

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta} f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$$

gebracht werden könnten, so würden die $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$ etc. das Aussehen

$$f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \varphi_1(\Delta) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}\left\{f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right) + \varphi_2(\Delta)\right\}$$

erhalten, da die $\frac{d\Upsilon_2}{d\omega}$ etc. von der Form

$$\varphi_1(\Delta) + \frac{\mathrm{Sin}\,\xi}{\Delta}\varphi_2(\Delta)$$

sind. $f_1\left(\frac{k'}{\Delta}\right), f_2\left(\frac{k'}{\Delta}\right), \varphi(\Delta), \varphi_2(\Delta)$ haben hier die frühere Bedeutung. Es ist aber aus dem Vorhergehenden nicht schwer zu ersehen, dass die Zahl der Glieder, die in diesem Ausdrucke für die $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$ etc. berücksichtigt werden müssen, sogar grösser ist als in

$$\frac{d\Upsilon}{d\omega} = \sum \begin{matrix}\alpha_i \mathrm{Cos} \\ \beta_i \mathrm{Sin}\end{matrix}\Big\} 2ix$$

Die Coefficienten im letzteren Ausdrucke sind ausserdem wesentlich kleiner und ihr Gang ist viel regelmässiger. Der Umstand, dass die $\frac{d\Upsilon}{d\omega}$ etc. sich nicht wesentlich durch positive Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ ausdrücken lassen, enthält also eine bestimmte Antwort auf die angeregte Frage bezüglich dieses Argumentes.

Stellt man die Grössen $\frac{d\Upsilon_1}{d\omega}$ etc. unter der Form

$$\sqrt{1 - k_1 \mathrm{Sin}\,\psi} \sum \begin{matrix}a_i \mathrm{Cos} \\ b_i \mathrm{Sin}\end{matrix}\Big\} i\psi$$

dar, so würde man doch nicht den $\frac{d\Upsilon_2}{d\omega}$ etc. bequem dieselbe Form geben können. Für die letzteren hätte man den Ausdruck

$$\sum \begin{matrix}c_i \mathrm{Cos} \\ d_i \mathrm{Sin}\end{matrix}\Big\} i\psi\ ,$$

und damit

$$\frac{dY}{d\omega} = \sqrt{1-k_1 \operatorname{Sin}\psi} \sum \begin{matrix} a_i \operatorname{Cos} \\ b_i \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} i\psi + \sum \begin{matrix} c_i \operatorname{Cos} \\ d_i \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} i\psi ,$$

eine Form, deren Unzweckmässigkeit sofort einleuchtet. Könnte man aber die Form

$$\frac{dY}{d\omega} = \sum \begin{matrix} \gamma_i \operatorname{Cos} \\ \delta_i \operatorname{Sin} \end{matrix} \Big\} i\psi$$

leicht erlangen, so wäre eine entscheidende Antwort nicht so leicht, würde aber auch hier keine wesentliche Bedeutung haben. Nur so viel mag hier bemerkt werden, dass die Convergenz nach x um die Minima von (Δ) herum etwas grösser ist als nach ψ, eine Thatsache, die sich schwer analytisch beweisen lässt.

Die Operation mit den Argumenten $\frac{k'}{\Delta}$ und ψ in dem Umfange, wie es in diesen Rechnungen geschehen ist, gewährt aber entschieden grosse Vortheile. Dass diese Argumente die zweckmässigsten sind, die man hätte wählen können, wäre wohl eben so gewagt zu behaupten, wie zu sagen, dass die Theorie der elliptischen Functionen abgeschlossen und ihre mächtigen Hülfsmittel für die Störungstheorie erschöpft sind.

Bei der Wahl der vorläufigen Argumente dürfen vor Allem zwei Umstände nicht übersehen werden. Erstens ist es für eine bequeme numerische Rechnung nothwendig, dass die Grössen $\frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ wesentlich convergenter werden als $(\Delta)^{-3}$ oder das Argument muss sonst so beschaffen sein, dass die Bildung der Producte $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $(\Delta)^{-3} \frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ möglichst leicht geschehen kann. Das Argument $\frac{k'}{\Delta}$ erfüllt diese Bedingung. $\frac{r'}{a'} \operatorname{Cos} f'$ und $\frac{r'}{a'} \operatorname{Sin} f'$ nach den Vielfachen von ψ ausgedrückt sind nicht erheblich convergenter als $(\Delta)^{-3}$ nach demselben Argument ausgedrückt; die Art und Weise, wie die genannten Producte gebildet werden können, zeigt aber die Zweckmässigkeit dieses Argumentes. Zweitens muss das vorläufige Argument so beschaffen sein, dass der Uebergang zu dem für das Endresultat festgestellten Argument mit möglichst geringer Mühe sich bewerkstelligen lässt. Aus dem Vorhergehenden ersieht man, dass für die beiden Argumente $\frac{k'}{\Delta}$ und ψ die einfachste Form der Ausdrücke und der bequemste Uebergang zu x zusammenfallen.

Es wird schliesslich nicht unpassend sein, hier ein Paar Worte über die Theilung der Cometenbahn in Bezug auf die Berechnung der Jupiterstörungen hinzuzufügen. Man kann jetzt leicht einsehen, dass es nicht unbedeutend zweckmässiger gewesen wäre, keinen Theilpunkt ins Aphel zu verlegen, dagegen den oberen Theil von vorn herein etwas kleiner zu machen. Es wäre nämlich viel besser gewesen, wenn man die beiden ersten Theilpunkte dahin verlegt hätte, wo die jetzigen partiellen Anomalien ω_3 und $\omega_4 = 100^\circ$ sind. Den unteren Theil hätte man dann wesentlich in derselben Weise theilen können, wie Asten es gethan hat, nur dass man die in Bezug auf die grosse Axe symmetrischen Theilpunkte etwas weiter vom Perihel zu rücken gehabt hätte. Die Convergenz nach ω würde auf diese Weise keine namhafte Beeinträchtigung erlitten haben. Durch diese Theilung hätte

man den oberen Theil auf einmal absolviren können und zwar bedeutend leichter als bei der jetzigen Theilung die eine Hälfte dieses Theiles; denn in dem gedachten Falle wäre es möglich gewesen $(\Delta)^{-3}$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\mathrm{Cos}\,f'$, $(\Delta)^{-3}\frac{r'}{a'}\mathrm{Sin}\,f'$ für den ganzen oberen Theil nach den Potenzen von $\frac{k'}{\Delta}$ zu entwickeln. Der Uebelstand des Auftretens von Sinusreihen nach ω wäre verschwindend gering gewesen im Vergleich mit den erzielten Vortheilen.

Anhang.

Die beigefügten Tafeln II und III werden in den allermeisten Fällen ausreichend sein, um die in den Störungsrechnungen auftretenden Ausdrücke nach $\frac{k'}{\Delta}$ und ψ in trigonometrische Reihen nach x zu verwandeln.

Tafel I, die der Tafel 6 im «Recueil de Tables» entnommen ist, giebt die Coefficienten der Entwickelung

$$e^{i\sqrt{-1}\xi} = \sum_{-\infty}^{+\infty} H_{2i'} e^{2i'\sqrt{-1}x}$$

Tafel II ist zum Theil mit Tafel 1 des «Recueil de Tables» identisch, zum Theil aus dieser abgeleitet.

Tafel III ist die Tafel 15 im «Recueil de Tables» mit Ausnahme der Columnen mit den Ueberschriften $\sqrt{1-k_1 \sin\psi}^{\text{Cos}}_{\text{Sin}}\}14\psi$, $\sqrt{1-k_1 \sin\psi}^{\text{Sin}}_{\text{Cos}}\}15\psi$, $\sqrt{1-k_1 \sin\psi}^{\text{Cos}}_{\text{Sin}}\}16\psi$. Die Zahlen in diesen sind nicht alle scharf abgeleitet; einige sind direct berechnet, die übrigen sind intra- und extrapolirt. Bei der Anwendung haben sie sich als hinreichend genau erwiesen.

Tafel I.

$2i'$	$e^{\sqrt{-1}\xi}$	$e^{2\sqrt{-1}\xi}$	$e^{3\sqrt{-1}\xi}$	$e^{4\sqrt{-1}\xi}$	$e^{5\sqrt{-1}\xi}$
— 4	3,954	4,763			
— 3	5,5966	6,1082	5,750*n*		
— 2	7,20984	7,04606	7,3245*n*	7,3606	
— 1	9,700293	8,63121*n*	8,52427	8,41024*n*	8,2952
0	9,6552115*n*	9,453536	9,288864*n*	9,14166	9,0047*n*
+ 1	9,8934261	9,824347*n*	9,717395	9,60338*n*	9,4881

+ 2	9,5961089	9,432326	9,710710*n*	9,74684	9,7173*n*
3	9,1756264	9,687571	9,329772*n*	9,05521*n*	9,5176
4	8,703999	9,539113	9,405570	9,59734*n*	9,4016
5	8,204342	9,263421	9,596973	9,00457*n*	9,3644*n*
6	7,68696	8,919938	9,507138	9,35037	9,4960*n*
7	7,15734	8,53332	9,30238	9,53608	8,7933*n*
8	6,6188	8,11655	9,02983	9,48411	9,2911
9	6,0734	7,6773	8,71120	9,32537	9,4873
10	5,5226	7,2209	8,35874	9,10063	9,4647
11	4,967	6,7505	7,9802	8,8295	9,3402
12	4,409	6,2689	7,5810	8,5242	9,1513
13	3,847	5,778	7,1646	8,1897	8,9164
14	3,282	5,279	6,734	7,8259	8,6384
15	2,72				

Tafel II.

	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^5$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^7$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^9$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{11}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{13}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{15}$	$\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{17}$
Cos 0*x*	9,6394090	9,3435822	9,2169785	9,1374266	9,079280	9,03344	8,99559	8,9634	8,9353
Cos 2*x*	9,6179196*n*	9,5653939*n*	9,4768610*n*	9,4107842*n*	9,359488*n*	9,31778*n*	9,28271*n*	9,2525*n*	9,2259*n*
Cos 4*x*	9,0465554	9,3532488	9,3573278	9,3289587	9,297531	9,26800	9,24113	9,2168	9,1946
Cos 6*x*	8,451655*n*	9,0456647*n*	9,1687285*n*	9,1962243*n*	9,195886*n*	9,18587*n*	9,17231*n*	9,1576*n*	9,1427*n*
Cos 8*x*	7,855196	8,6738790	8,9222468	9,0171492	9,056743	9,07260	9,07699	9,0753	9,0705
Cos 10*x*	7,25864*n*	8,258959*n*	8,628546*n*	8,796859*n*	8,882772*n*	8,92969*n*	8,95608*n*	8,9708*n*	8,9795*n*
Cos 12*x*	6,66207	7,813994	8,296717	8,540467	8,676881	8,75890	8,81071	8,8445	8,8669
Cos 14*x*	6,06550*n*	7,347191*n*	7,934062*n*	8,252712*n*	8,442201*n*	8,56207*n*	8,64207*n*	8,6974*n*	8,7367*n*
Cos 16*x*	5,4689	6,86391	7,54630	7,937816	8,18100	8,34113	8,4515	8,5303	8,5883
Cos 18*x*	4,8724*n*	6,36778*n*	7,13787*n*	7,59941*n*	7,89648*n*	8,09790*n*	8,2402*n*	8,3445*n*	8,4226*n*
Cos 20*x*	4,2758	5,8614	6,71222	7,24061	7,59090	7,8342	8,0097	8,1402	8,2398
Cos 22*x*	3,679*n*	5,3466*n*	6,2721*n*	6,8641*n*	7,2664*n*	7,5517*n*	7,7610*n*	7,9190*n*	8,0411*n*
Cos 24*x*	3,083	4,8249	5,8197	6,4720	6,9250	7,2521	7,4957	7,6819	7,827
Cos 26*x*		4,2972*n*	5,3566*n*	6,0662*n*	6,5684*n*	6,9367*n*	7,2146*n*	7,4295*n*	7,599*n*
Cos 28*x*		3,765	4,8845	5,6486	6,1982	6,6070	6,9196	7,1635	7,358
Cos 30*x*		3,228*n*	4,404*n*	5,220*n*	5,815*n*	6,264*n*	6,610*n*	6,883*n*	7,101*n*
Cos 32*x*		2,69	3,917	4,782	5,421	5,908	6,288	6,590	6,834

	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^2$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^4$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^6$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^8$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{10}$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{12}$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{14}$	$\frac{\text{Sin}\,\xi}{\Delta}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{16}$
Sin 2*x*	0,2810001	9,5598181	9,1626305	8,9101064	8,727327	8,584394	8,46710	8,3677	8,2814
Sin 4*x*		9,5383287*n*	9,3097117*n*	9,1138709*n*	8,957814*n*	8,830208*n*	8,72281*n*	8,6303*n*	8,5492*n*
Sin 6*x*	9,0592105	9,2922710	9,2500867	9,1338269	9,018701	8,915427	8,82401	8,7428	8,6700
Sin 8*x*		8,9454750*n*	9,0760771*n*	9,0507593*n*	8,986879*n*	8,915427*n*	8,84540*n*	8,7794*n*	8,7180*n*
Sin 10*x*	7,86596	8,542721	8,826230	8,895133	8,889128	8,85533	8,81128	8,7642	8,7170
Sin 12*x*		8,104517*n*	8,522435*n*	8,684095*n*	8,739581*n*	8,74767*n*	8,73833*n*	8,7079*n*	8,6775*n*
Sin 14*x*	6,67284	7,64185	8,178548	8,429108	8,547466	8,60026	8,61855	8,6179	8,6064
Sin 16*x*		7,16128*n*	7,80387*n*	8,13847*n*	8,31955*n*	8,41871*n*	8,47178*n*	8,4978*n*	8,5071*n*
Sin 18*x*	5,4795	6,6670	7,40484	7,81841	8,06105	8,20735	8,29669	8,3510	8,3829
Sin 20*x*		6,1620*n*	6,98619*n*	7,47376*n*	7,77622*n*	7,96974*n*	8,09630*n*	8,1801*n*	8,2358*n*
Sin 22*x*	4,287	5,6482	6,5513	7,1083	7,46847	7,7088	7,8731	7,9874	8,0679
Sin 24*x*		5,128*n*	6,1030*n*	6,7251*n*	7,1407*n*	7,4271*n*	7,6292*n*	7,7747*n*	7,8809*n*
Sin 26*x*	3,094	4,601	5,6432	6,3266	6,7955	7,1270	7,3667	7,5444	7,676
Sin 28*x*		4,068*n*	5,174*n*	5,9144*n*	6,4342*n*	6,8096*n*	7,0863*n*	7,296*n*	7,455*n*
Sin 30*x*		3,53	4,696	5,4906	6,0601	6,478	6,793	7,033	7,221
Sin 32*x*		2,99*n*	4,210*n*	5,057*n*	5,672*n*	6,132*n*	6,483*n*	6,754	6,967

Tafel III.

	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 2\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 3\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 4\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 5\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 6\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 7\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 8\psi$
Cos 0x	9,9750337	9,3904087n	8,9716951n	8,596150	8,240699	7,89702n	7,56098n	7,2304	6,9085
Cos 2x	9,6653978n	9,3885853	9,4488240	9,2047086n	8,782602n	8,50990	8,12775	7,8457n	7,4843n
Cos 4x	8,7246388n	9,3477222n	9,9687392n	9,4311567	9,322333	8,86808n	8,67589n	8,26174	8,08543
Cos 6x	8,165847	8,938710n	9,2962008	9,9589808n	9,440857n	9,421533	8,95704	8,82575n	8,39550n
Cos 8x	7,42649	8,325557	9,1623454	9,2509182	9,946201	9,449057n	9,498562n	9,03153	8,95124
Cos 10x	6,84485n	7,83757	8,525508n	9,3061292	9,197906n	9,929537	9,453535	9,55949n	9,09381n
Cos 12x	6,15806n	7,28035n	8,207524n	8,649899n	9,409783n	9,134525n	9,908714n	9,45419	9,60827
Cos 14x	5,5705	6,70927n	7,58335	8,461819n	8,73478	9,488977n	9,057628	9,88341n	9,45102n
Cos 16x	4,9085	6,10483	7,18781	7,82357	8,65476	8,79485	9,551348	8,96204	9,85319
Cos 18x	4,3010n	5,5658	6,57031n	7,52951	8,00346n	8,80928	8,83724n	9,60119	8,83828n
Cos 20x	3,6021n	4,9590n	6,13098n	6,90075n	7,79581n	8,14525n	8,93724n	8,86587n	9,64111n
Cos 22x	3,000	4,4150n	5,5172	6,54531n	7,15655n	8,01368n	8,26041	9,04545n	8,88298
Cos 24x		3,778	5,0531	5,9227	6,8745	7,36474	8,19756	8,35564	9,13843
Cos 26x		3,000	4,431n	5,5263	6,2430n	7,14737	7,53895n	8,35603	8,43537n
Cos 28x			3,954n	4,9031n	5,909n	6,5092n	7,38039n	7,6875n	8,49471n
Cos 30x			3,477	4,491n	5,279	6,2304n	6,7340	7,5832n	7,8169
Cos 32x			3,000	3,845	4,954	5,591	6,5079	6,9243	7,7627
Cos 34x				3,447	4,301n	5,301	5,863n	6,7404	7,1004n
Cos 36x					4,000n	4,602n	5,602n	6,1139n	6,9638n
Cos 38x						4,301n	4,954	5,903n	6,3222
Cos 40x							4,602	5,301	6,1461
Cos 42x							4,000n	5,000	5,477n
Cos 44x									5,301n

	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 9\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 10\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 11\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 12\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 13\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 14\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 15\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 16\psi$
Cos 0x	6,5798n	6,000n						
Cos 2x	7,1790	6,845	6,477n	6,000n				
Cos 4x	6,6444n	7,3979n	7,0414	6,778	6,301n	6,000		
Cos 6x	8,21590	7,8062	7,6021n	7,2304n	7,000	6,602		
Cos 8x	8,51202n	8,3729n	7,9395	7,7782	7,3802n	7,114n	7,001	
Cos 10x	9,05778	8,6128	8,5092n	8,0719n	7,9395	7,505	7,301n	
Cos 12x	9,14635n	9,14953n	8,7016	8,6304	8,1903n	8,0899n	7,602	
Cos 14x	9,64758	9,19089	9,22917n	8,7803n	8,7388	8,2967	8,204n	8,000n
Cos 16x	9,44398n	9,67843n	9,22866	9,29863	8,8506n	8,8363n	8,398	8,301
Cos 18x	9,81748	9,43297	9,70252n	9,26031n	9,35965	8,9143	8,9243n	8,477n
Cos 20x	8,66549n	9,77554n	9,41780	9,72049	9,28668n	9,41347n	8,9731	9,000
Cos 22x	9,67282n	8,3802	9,72624n	9,39829n	9,73280	9,30899	9,4609n	9,041n
Cos 24x	8,88981	8,6975	7,3802	9,66811	9,37420n	9,73973n	9,3254	9,491
Cos 26x	9,21909	8,8871n	9,71584	8,2648	9,59879	9,34518	9,7412n	9,342n
Cos 28x	8,50229n	9,28959n	8,8745n	9,72852n	8,57?8	9,51561n	9,3118	9,732
Cos 30x	8,61752n	8,5587	9,35141n	8,8525	9,73584n	8,7466n	9,4099n	9,279n
Cos 32x	7,9299	8,7275	8,6053	9,40569	8,8195	9,73799	8,8451n	9,255
Cos 34x	7,9238	8,0294n	8,8261	8,6435n	9,45347	8,7731n	9,7356	8,903
Cos 36x	7,2529n	8,0682n	8,1173n	8,9101n	8,6749n	9,49624n	8,8129n	9,724n
Cos 38x	7,1614n	7,3979	8,2014n	8,1959	8,9917n	8,7007	9,5328n	8,845
Cos 40x	6,5051	7,3424	7,5185	8,3222	8,2648	9,06558	8,7824	9,556
Cos 42x	6,3617	6,699n	7,5051	7,6335n	8,4314	8,3054n	9,1335	8,778n
Cos 44x	5,699n	6,602n	6,778n	7,6435n	7,7324n	8,5315n	8,3424n	9,204n
Cos 46x	5,477n	6,000	6,699n	6,954	7,7853n	7,806	8,6128n	8,301
Cos 48x	5,00	6,000	6,000	6,903	7,0792	7,924	7,845	8,699
Cos 50x			6,000	6,301n	7,0792	7,176n	8,000	8,000n

	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 2\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 3\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 4\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 5\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 6\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 7\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 8\psi$
Sin 2x	9,9573724	9,3708000n	9,1606726n	8,715719	8,461799	8,064608n	7,7945n	7,4233
Sin 4x	9,3176422n	9,9670888	9,4252594	9,319882n	8,863246n	8,673021	8,25744	8,03463n
Sin 6x	8,934945n	9,2946615n	9,9588849n	9,440439	9,421388	8,956711n	8,82562n	8,39550
Sin 8x	8,820522	9,1622808n	9,2508305	9,946194n	9,449033n	8,498553	9,03153	8,95124n
Sin 10x	7,88582	8,525404	9,3061322	9,197906	9,929537	9,453535n	9,55949n	9,09381
Sin 12x	7,22827n	8,207516	8,649899n	9,409783	9,134525n	9,908714	9,45419	9,60827n
Sin 14x	6,70834n	7,58332n	8,461819n	8,73478n	9,488977n	9,057628n	9,88341n	9,45102
Sin 16x	6,10346	7,1878n	7,82357	8,65476n	8,79485	9,551348n	8,96204	9,85319n
Sin 18x	5,5647	6,57031	7,52951	8,00346	8,80928	8,83724	9,60119	8,83828
Sin 20x	4,959n	6,13098	6,90075n	7,79581	8,14523n	8,93724	8,86587n	9,64111
Sin 22x	4,415n	5,5172n	6,54581n	7,15655n	8,01368n	8,26041n	9,04548n	8,88298n
Sin 24x	3,778	5,0581n	5,9227	6,8745n	7,36474	8,19756n	8,35564	9,13843n
Sin 26x	3,000	4,431	5,5263	6,2430	7,14737	7,53895	8,35603	8,43537
Sin 28x		3,954	4,903n	5,9085	6,5092n	7,38039	7,6875n	8,49471
Sin 30x		3,477n	4,491n	5,279n	6,2304n	6,7540n	7,5832n	7,8161n
Sin 32x		3,000n	3,845	4,954n	5,591	6,5079n	6,9243	7,7627n
Sin 34x			3,447	4,301	5,301	5,863	6,7404	7,1004
Sin 36x				4,000	4,602n	5,602	6,114n	6,9638
Sin 38x					4,301n	4,954n	5,903n	6,322n
Sin 40x						4,602n	5,301	6,146n
Sin 42x						4,000	5,000	5,477
Sin 44x								5,301

	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 9\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 10\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 11\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 12\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 13\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 14\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\cos 15\psi$	$\sqrt{1-k_1\sin\psi}\times\sin 16\psi$
Sin 2x	7,1732	6,8451n	6,477n	6,000				
Sin 4x	7,6444n	7,3979	7,0414	6,778n	6,301n	6,000n		
Sin 6x	8,21590	7,8062n	7,6021n	7,2304	7,000	6,602n		
Sin 8x	8,51202n	8,3729	7,9395	7,7782n	7,3802n	7,1139	7,001	
Sin 10x	9,05778	8,6128n	8,5092n	8,0719	7,9395	7,5051n	7,301n	
Sin 12x	9,14635n	9,14953	8,7016	8,6304n	8,1903n	8,0899	7,6 2	
Sin 14x	9,64738	9,19089n	9,22917n	8,7803	8,7388	8,2967n	8,2041n	8,000
Sin 16x	9,44398n	9,67843	9,22866	9,29863n	8,8506n	8,8863	8,3979	8,301n
Sin 18x	9,81748	9,43297n	9,70252n	9,26023	9,35965	8,9143n	8,9243n	8,477
Sin 20x	8,66549n	9,77554	9,41780	9,72049n	9,28668n	9,41347	8,9731	9,000n
Sin 22x	9,67282n	8,8802n	9,72624n	9,39829	9,73280	9,30899n	9,4609n	9,041
Sin 24x	8,88981	9,69749n	7,3802	9,66811n	9,37420n	9,73973	9,3284	9,491n
Sin 26x	9,21909	8,8871	9,71584	8,2648n	9,59879	9,34518n	9,7412n	9,342
Sin 28x	8,50229n	9,28959	8,8745n	9,73852	8,5798	9,51561	9,3118	9,732n
Sin 30x	8,61752n	8,5587n	9,35141n	8,8525n	9,73584n	8,7466	9,4099n	9,279
Sin 32x	7,9299	8,7275n	8,6053	9,40569n	8,8195	9,73799n	8,8451n	9,255n
Sin 34x	7,9288	8,0294	8,8261	8,6435	9,45347	8,7731	9,7356	8,903n
Sin 36x	7,2529n	8,0682	8,1173n	8,9101	8,6749n	9,49624	8,8129n	9,724
Sin 38x	7,1614n	7,3979n	8,2014n	8,1959n	8,9917n	8,7007n	9,5328n	8,845n
Sin 40x	6,505	7,3424n	7,5185	8,3222n	8,2648	9,06558n	8,7324	9,556n
Sin 42x	6,362	6,699	7,5051	7,6335	8,4314	8,3054	9,1335	8,778
Sin 44x	5,699n	6,602	6,778n	7,6435	7,7324n	8,5315	8,3424n	9,204
Sin 46x	5,477n	6,000n	6,699n	6,954n	7,7853n	7,8062n	8,6128n	8,301n
Sin 48x	5,000	6,000n	6,000	6,903n	7,0792	7,9243n	7,8451	8,699n
Sin 50x			6,000	6,301	7,0792	7,1761	8,0000	8,000

Berichtigungen.

Seite 9 Zeile 3 von oben statt: eine der Formel (1) ähnliche Form lies: diese Formel.
» » » 10 » » » (1) lies: II
» » » 11 » » » (1) » II
» 14 nach der letzten Zeile soll stehen: $\xi = 172^\circ\ 54'\ 0''{,}84$
» 17 Zeile 2 von oben statt: (1) lies: II
» 19 » 5 von unten statt: φ_1 und φ_2 soll es sein: $\varphi_1(\Delta)$ und $\varphi_2(\Delta)$
» 40 und 41 die Coefficienten dieser Reihen enthalten den Factor m'.
» 56 Zeile 7 von unten statt: $\frac{1}{12}\frac{d\Upsilon}{d\omega_4}$ lies: $\frac{d\Upsilon_1}{d\omega_4}$
» » » 6 » » » $\frac{1}{12}\frac{d\Psi}{d\omega_4}$ » $\frac{d\Psi_1}{d\omega_4}$
» » » 5 » » » $\frac{1}{12}\frac{d\Xi}{d\omega_4}$ » $\frac{d\Xi_1}{d\omega_4}$

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor, angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.
№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 2 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. I^e^ Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. II^e^ Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K.= 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.
№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K.=1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lowisa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.
№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten Stockholm und Helsingfors, ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.
№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten. 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.
№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung eines wichtigen Theiles der absoluten Jupitersstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K.=2 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.
№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXIII, № 3. **Nyrén, M.** Das Aequinoctium für 1865,0, abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 — 70 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 1. **Hasselberg, Dr. B.** Ueber das durch electrische Erregung erzeugte Leuchten der Gaze bei niedriger Temperatur. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.
№ 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K.=1 Mk. 20 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE
TOME XXVIII, N° 7.

DIE

HANDBÜCHER DES GEISTLICHEN RECHTS

AUS DEN ZEITEN

DES UNTERGEHENDEN BYZANTINISCHEN REICHES

UND

DER TÜRKISCHEN HERRSCHAFT.

VON

E. Zachariä von Lingenthal

correspondirendem Mitgliede der Akademie.

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof.	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE
TOME XXVIII, N° 7.

DIE

HANDBÜCHER DES GEISTLICHEN RECHTS

AUS DEN ZEITEN

DES UNTERGEHENDEN BYZANTINISCHEN REICHES

UND

DER TÜRKISCHEN HERRSCHAFT.

VON

E. Zachariä von Lingenthal
correspondirendem Mitgliede der Akademie.

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof.	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juin 1881. C. Vesséloſski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In neuerer Zeit ist vielfach die Aufmerksamkeit auf die sogenannten νομοκάνονα und κανονάρια aus den letzten Jahren des byzantinischen Reiches und aus der Zeit nach dem Untergange desselben gerichtet worden, insbesondere deshalb, weil Uebersetzungen derselben in den orthodoxen Kirchen slavischer Länder zu ausgebreitetem Ansehen gelangt sind. Ich halte es daher für meine Pflicht, über dasjenige, was ich in meiner Delineatio historiae juris Graeco Romani § 55 nur kurz habe andeuten können, etwas ausführlicher zu berichten, so weit meine Collectaneen und Handschriften dazu ausreichen. Erschöpfen kann ich den Gegenstand um so weniger, als ich bei meiner Unkenntniss der slavischen Sprachen darauf verzichten muss, die Publicationen insbesondere russischer Gelehrten eingehend zu benutzen. Auch ist der Gegenstand so wenig erquicklich — zumeist nur ein Zeichen der zeitweisen Erstarrung der griechischen Kirche —, dass es wohl genügen dürfte das Wesentliche hervorzuheben.

Es soll übrigens die nachfolgende Abhandlung einen Nachtrag oder eine Fortsetzung bilden zu meiner in den Mémoires der Akademie VII Série Tome XXIII No. 7 erschienenen Abhandlung über die griechischen Nomokanones. Diese Abhandlung bezog sich auf die eigentlichen Nomokanones, d. h. auf die Zusammenstellungen der Kanones und der kirchenrechtlichen Bestimmungen in der kaiserlichen Gesetzgebung. Die gegenwärtige Abhandlung dagegen wird sich auf die uneigentlich so genannten Nomokanones — gewöhnlicher νομοκάνονα — beziehen, d. h. auf Handbücher, in welchen liturgische, Buss-, Rechts- und Disciplinarvorschriften aus den mannichfaltigsten Quellen (nicht blos aus den νόμοι und κανόνες oder deren Zusammenstellungen und Commentaren) zum Gebrauche für Geistliche und Mönche zusammengetragen sind.

Es sind dergleichen Handbücher von mehr oder minder beschränktem Umfange auch schon vor dem Untergange des byzantinischen Reiches im Gebrauche gewesen. Die Blüthezeit dieser Literatur fällt aber in das XVI. und XVII. Jahrhundert, und es ist dies zugleich die Zeit, in welcher derartige Handbücher die Praxis der griechischen Kirche zu einem grossen Theile beherrschten.

Zwar hat es zu keiner Zeit an gelehrteren Geistlichen gefehlt, welche die alten Sammlungen der Kanones oder die alten Nomokanones und die Commentare von Zonaras und Balsamon zu denselben, sowie die späteren Arbeiten von Blastares und Harmenopulus benutzt und studirt haben. Dies beweisen die zahlreichen Handschriften dieser Werke, welche noch heute, nachdem deren viele Hunderte seit dem XV. Jahrhunderte nach dem Abendlande entführt worden sind, in den Bibliotheken des Orients vorhanden sind: auch das Jus Graeco-Romanum des Leunclavius, die Bibliotheca juris canonici von Voellus und Justellus, das Synodicon von Beveregius und dessen von Spyridon Melias besorgter Abdruck finden sich häufig in den Bibliotheken der griechischen Klöster. Es beweisen es ferner die vielen Abschriften jener Werke, welche im Orient das ganze Mittelalter hindurch und noch bis gegen das Ende des XVIII. Jahrhunderts gemacht worden sind: datirte Abschriften dieser Art habe ich von den Jahren 1534, 1565, 1570, 1639, 1648, 1694, 1746, 1774 gesehen. Vor Allem aber sind ein Beweis des fortwährenden Studiums der genannten Sammlungen und Commentare verschiedene Auszüge oder Umarbeitungen derselben aus späterer Zeit. (Für Alles dies finden sich die Nachweise in meiner Delineatio § 55, 56 und in meinen Ἀνέκδοτα p. X sqq.)

Indessen der Mehrzahl der griechischen Geistlichen und Mönche waren diese Werke, auch wo sie ihnen zugänglich waren, doch kaum verständlich. Die Bildungsstufe, auf welcher im Allgemeinen die Geistlichkeit stand, war besonders seit dem XV. Jahrhunderte eine so niedrige, dass nicht einmal Alle des Lesens und Schreibens kundig waren. Insbesondere schwand mehr und mehr das Verständniss der Schriftsprache, an deren Stelle die κοινὴ διάλεκτος zur Alleinherrschaft gelangt war. Endlich, es waren die alten kanonischen Werke grösstentheils zu umfangreich, als dass sie zum Handgebrauch dienlich gewesen wären.

So behalf man sich denn in der Praxis mit allerlei kleinen Handbüchern — νομοκάνονα oder κανονάρια —, von denen nun der Reihe nach gehandelt werden soll.

I.

Der Nomokanon des Manuel Malaxus.

Hervorragend unter den gedachten Handbüchern ist der Nomokanon des Manuel Malaxus, dessen ich bereits am Schlusse der angeführten Abhandlung über die griechischen Nomokanones gedacht habe.

Die Malaxi sind eine Naupliotische Familie, von deren Mitgliedern sich Viele dem geistlichen Stande gewidmet haben. So kommt vor im J. 1522 ein Stauracius Malaxus, Priester und σκευοφύλαξ zu Nauplia — im Oxforder Codex Collegii Novi No. 149 ist am

Schlusse bemerkt: ἠγοράσθη τὸ παρὸν βιβλίον παρ' ἐμοῦ τοῦ ἁμαρτωλοῦ καὶ ἀναξίου σταυρακίου ἱερέως τοῦ μαλαξοῦ καὶ σκευοφύλακος ναυπλίου διὰ ἀσπρων ρ΄ εἰς τὸ ,αφκβ΄ ἰουνίῳ κβ΄. Um dieselbe Zeit erscheint, wie aus einer weiter unten mitzutheilenden Stelle erhellt, ein Geistlicher Demetrius Malaxus als οἰκονόμος τῆς ἁγιωτάτης μητροπόλεως ναυπλοίου καὶ ἄργους. Aus dem Anfang des 17. Jahrhunderts ist bekannt der πρωτόπαππας ναυπλίου Nicolaus Malaxus (Βρετὸς, νεοελληνικὴ φιλολογία I p. 102. 219). Derselben Familie mag auch der Anagnostes Joannes Malaxus entstammt sein der im J. 1565 zu Galata eine Sammlung der Kanones mit dem Commentar des Zonaras und den Nomokanon in 14 Titeln abgeschrieben hat (vgl. meine Ἀνέκδοτα p. XVII).

Unser Manuel Malaxus ist ein Sohn des eben genannten Demetrius. Geboren zu Nauplia im Peloponnes lebte er um 1560 als Notar bei dem Metropoliten von Theben. Später finden wir ihn in Konstantinopel, wohin er vielleicht durch seinen vorhin erwähnten Verwandten Joannes gezogen worden war. Dort ist er im J. 1581 gestorben. Martinus Crusius berichtet von ihm in der Turco-Graecia p. 185: est is admodum senex; pueros et adolescentulos Graecos sub Patriarcheio in parvula et misera casa docet: pisces siccatos in ea suspensos habet quibus vescitur ipse coquens: libros precio describit: vino quicquid lucratur insumit.

Manuel Malaxus hat indessen nicht blos durch Unterricht und Abschreiben von Handschriften sein Brod zu verdienen gesucht, sondern ist auch als selbständiger Schriftsteller aufgetreten und hat seine eigenen Schriften des Verkaufes halber durch Abschriften vervielfältigt. Ducange erwähnt in seinem Glossar aus einer Colbertischen Handschrift ein Βιβλίον χρονογραφικὸν περιέχον ὡς ἐν συντόμῳ τὰ ἀπὸ κτίσεως κόσμου ἕως καὶ τῆς βασιλείας τοῦ σουλτὰν μουράτη συλλεχθὲν καὶ διορθωθὲν παρὰ τοῦ λογιωτάτου κυροῦ μανουὴλ τοῦ μαλαξοῦ, welches wohl mit der in der Turco-Graecia p. 1 sqq. abgedruckten, bis zum Jahre 1578 reichenden Chronik identisch ist. Ferner besitzen wir von ihm eine Geschichte der griechischen Kirche, welche vom Jahre 1453 bis zum Jahre 1580 reicht, und welche ebenfalls in der Turco-Graecia gedruckt ist.

Das Hauptwerk des Manuel Malaxus aber, welches eine ungemeine Verbreitung im ganzen Gebiete der griechischen Kirche gefunden hat, ist dessen Nomokanon.

Manuel Malaxus hat dieses Werk zunächst in der Sprache seiner Quellen — der Schriftsprache — zusammengestellt. In dieser Gestalt habe ich dasselbe in einer Handschrift des Klosters τῶν ἰβήρων auf dem Berge Athos vorgefunden. Voran stand eine Vorrede, die mit den Worten Ἐπειδὴ ἐν τοῖς ἱεροῖς begann, und an deren Schlusse als Ort und Jahr der Abfassung Theben 1561 angegeben war.

Schon im folgenden Jahre aber hat sich der Verfasser veranlasst gesehen, sein Buch in die Vulgärsprache zu übertragen. Diese Bearbeitung beginnt mit einer Vorrede, die ich hier nach zwei Venetianer und einer Oxforder Handschrift (Nanian. 232. 234 und Roe 2) folgen lassen will.

Τοῖς ἁπανταχοῦ ὀρθοδόξοις χριστωνύμοις λαοῖς, ἱερωμένοις τε καὶ λαϊκοῖς, ἐν κυρίῳ χαίρειν πάντοτε: —

Θησαυρὸς κεκρυμμένος καὶ πηγὴ ἐσφραγισμένη τίς ὠφέλεια ἐν ἀμφοτέροις, ὥς φησιν ἡ[Θεία]γραφή; τοῦτο εἰδὼς ἐγὼ ὁ εὐτελής, ἠβουλήθην διὰ τὸ βαλεῖν πᾶσαν ἐλπίδα μου εἰς τὴν τοῦ υἱοῦ καὶ Θεοῦ λόγου μητέρα, τὴν πανένδοξον κυρίαν ἡμῶν τὴν ἁγίαν Θεοτόκον διὰ τῆς ἱκεσίας τοῦ ἁγίου ἐνδόξου ἀποστόλου πρωτομάρτυρος καὶ ἀρχιδιακόνου στεφάνου, ὅπως μὴ ἐάσω τὸν θησαυρὸν κεκρυμμένον οὐδὲ τὴν πηγὴν ἐσφραγισμένην δηλονότι, τὰ τῶν θείων νόμων κεφάλαια μετενεγκεῖν εἰς λεξιν ὁπλῆν· καὶ ποιήσαι ἐκλογὴν ἐκ πάντων τῶν ἐκκρίτων καὶ ἀναγκαίων κανόνων τῶν θείων [καὶ] ἱερῶν ἀποστόλων καὶ τῶν ἁγίων συνόδων τῶν θεοφόρων πατέρων καὶ ἑτέρων ἁγιωτάτων ἀρχιερέων καί τινων νεαρῶν βασιλικῶν νόμων, ἔτι δὲ καὶ ἑτέρων ὅσοι μετ' ἐπιμελείας συνέγραψαν, καὶ ἐντυπῶσαι (al. ἐκδοῦναι) αὐτοὺς κεφαλαιωδῶς ὑμῖν τοῖς φιλομαθέσιν οὐ κατὰ γλῶτταν ἑλλάδος, ἀλλὰ φράσιν κοινὴν· διὸ μηδεὶς [ἐξ] ὑμῶν ἀξιῶ, ὅσοι τουτὶ τὸ βιβλίον προθύμως ἀνὰ χεῖρας κατέχειν βούλεσθε, εἰς κατηγορίαν ἐμοὶ τῷ ἐλαχίστῳ καὶ ἁμαθεῖ μὴ βάλλητε τῷ τὰ καλῶς ἔχοντα καὶ ἐν φράσει ἀκριβεῖ εὑρισκόμενα εἰς ἁπλῆν λέξιν βαλεῖν βουληθέντι· οἶδα γὰρ ἀκριβῶς ὡς τινες τῶν πρὸ ἡμῶν καὶ τῶν νῦν εὑρισκομένων τοῦτο πεποιήκασιν, ὅ καὶ ἡμᾶς εἰς τοῦτο κινηθῆναι ἠνάγκασεν. ἀλλ' οἱ ἀναγινώσκοντες τοῦτο τὴν [τῶν εὐχῶν] χορηγίαν μὴ ὑστερήσητε δέομαι τοῖς πλεῖστα κοπιάσασι περὶ τούτων καὶ ἱδρῶσι πολλοῖς [περιχυθεῖσιν ὥστε] εἰς λέξιν ἁπλῆν ταῦτα πάντα μεταβαλεῖν. ὃς δὲ βούλεται εὑρεῖν τὰ τοῦ λεχθέντος βιβλίου κεφάλαια τὸν ἐπ' αὐτῷ γινόμενον πίνακα μετ' ἐπιμελείας ἀναγινωσκέτω. καὶ οὕτω ῥᾳδίως γενήσεται ὑμῖν τὸ ἀμφισβητούμενον. ἔρρωσθε: —

Ἦνυσται αὕτη ἡ βίβλος μετὰ πολλοῦ μόχθου ἐνταῦθα ἐν τῇ ἀγιωτάτῃ (al. περιφήμῳ) μητροπόλει Θηβῶν τῆς ἑπταπύλου, ἥτις ἐστὶν ὁ ναὸς τοῦ ἐνδόξου ἀποστόλου καὶ πρωτομάρτυρος ἀρχιδιακόνου στεφάνου, ἐπὶ τοῦ καλῶς καὶ θεαρέστως ταύτην ἀρχιερατεύοντος πανιερωτάτου καὶ θεοκοσμήτου μητροπολίτου, ὑπερτίμου καὶ ἐξάρχου πάσης βοιωτίας καὶ τὸν τόπον ἐπέχοντος τοῦ σίδης κυρίου ἰωάσαφ (οὗ οἱ γεννήτορες εὐγενέστατοι θεοφιλεῖς ἐλεήμονες καὶ ἱερεῖς τίμιοι καὶ εὐλαβέστατοι· μακρὴ τούτων τὸ ἐπώνυμον (al. ἐπίκλιον) καὶ ἡ [ἐπίγειος] πατρὶς αὐτῶν ἡ θεοφύλακτος νῆσος ζακύνθου), παρ' ἐμοῦ τοῦ εὐτελοῦς καὶ ἐλαχίστου δούλου αὐτοῦ μανουὴλ νοταρίου τοῦ μαλαξοῦ υἱοῦ τοῦ πρωην τιμιωτάτου οἰκονόμου τῆς ἁγιωτάτης μητροπόλεως ναυπλοίου καὶ ἄργους τοῦ ἐν ἱερεῦσι κυροῦ δημητρίου, ἐν ἔτει ζῷ ἐνδ. ε' ἀπὸ κτίσεως κόσμου, ἀπὸ δὲ τοῦ κυρίου καὶ Θεοῦ καὶ σωτῆρος ἡμῶν ἰησοῦ χριστοῦ ᾳφξβ'.

Die Quellen seiner Compilation, welche Manuel Malaxus in dieser Vorrede nur mit allgemeinen Worten bezeichnet, werden im Texte selbst bei den einzelnen Stellen mehr oder minder regelmässig angegeben. Die wichtigsten sind Sammlungen der Kanones mit den Commentaren des Zonaras und Balsamon, des Constantinus Harmenopulus ἑξάβιβλος und des Matthaeus Blastares σύνταγμα κατὰ στοιχεῖον. Unter den sonst benutzten Autoren ist hervorzuheben Φώτιος κωνσταντινουπόλεως, von dem bemerkt wird: οὗτος ἐστὶν ὁ μετονομασθεὶς ταράσιος, ὃς ἦν ἀνδρας σοφώτατος ἡγιασμένος καὶ περιβόητος (— ihm werden Stellen zugeschrieben, die sich unter Anderem in der Epanagoge finden, was an das in meiner Ausgabe der Epanagoge p. 56 Gesagte erinnert —); ferner Συμεὼν θεσσαλονίκης, Ἀντίοχος μοναχὸς

(— der Autor des Πανδέκτης —) u. A. m. Gegen 26 Stellen führen die Ueberschrift Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων, womit wohl ein sonst nicht bekanntes Rechtscompendium gemeint ist: wenigstens die eine Stelle c. 197 § 3 (in der Ausgabe von Sgouta) ist bisher nur aus der Synopsis X, 1, 1 bekannt gewesen.

Das Werk zerfällt in eine Reihe mit fortlaufenden Zahlen bezeichneter Kapitel (— sie bestehen bald aus einem bald aus mehreren Paragraphen —), in denen zuerst von Recht und Gerechtigkeit im Allgemeinen, dann vom Patriarchen, von Bischöfen, Geistlichen und Mönchen, ferner von gottesdienstlichen Handlungen, endlich von der Ehe und anderen zur Cognition der geistlichen Gerichte gelangenden Rechtsverhältnissen gehandelt wird.

Die zahlreichen Handschriften dieses Nomokanon — ich habe deren gegen 80 in den Bibliotheken des Occidents und Orients eingesehen (vgl. mein Delineatio historiae JGR. § 55) — beweisen die grosse Verbreitung desselben nach Zeit und Ort. Die älteste *datirte* Handschrift befindet sich im Kloster τῶν ξωσσῶν auf dem Athos, sie ist vom J. 1596; vom J. 1597 sind mehrere vorhanden, deren eine zu Moscau, eine andere ἐν ἀντρίστῳ geschrieben ist. Dem XVII. Jahrhunderte gehören von den datirten Handschriften 20 an, darunter eine in Athen, eine andere auf dem Athos, eine dritte in Tirnowa, eine vierte auf Paros, eine fünfte πλησίον φιλαδελφίας, eine sechste endlich auf der Insel Cypern geschrieben: aus dem XVIII. Jahrhunderte stammen 7 datirte Handschriften.

Von einer Persönlichkeit, wie die des Manuel Malaxus vorhin geschildert worden ist, lässt sich ein Werk von hoher Bedeutung nicht erwarten. Zur Verbreitung des Nomokanon hat daher nicht der innere Werth desselben, sondern mehr das Handliche der Compilation, die Vulgärsprache, und insbesondere der Umstand beigetragen, dass Manuel Malaxus, der sich ja wie wir gesehen zugleich als Schreiber zu ernähren suchte, selbst zahlreiche Abschriften für den Verkauf gefertigt zu haben scheint. Daher lautet auch der Schluss der Vorrede nicht in allen Handschriften gleich: so heisst es z. B. in der Oxforder Handschrift Ἤνυσται — — παῤ ἐμοῦ — μανουὴλ νοταρίου τοῦ μαλαξοῦ τοῦ ἐκ ναυπλίου τῆς πελοποννήσου ἐν ἔτει ζοά ἰνδ. ς΄ ἀπὸ κτίσεως κόσμου, ἀπὸ δὲ τοῦ κυρίου καὶ θεοῦ καὶ σωτῆρος ἡμῶν ἰησοῦ χριστοῦ ⸗αφξϛ΄ μαρτίῳ ε΄, was wohl von einer im J. 1563 gemachten Abschrift zu verstehen ist.

Dass Malaxus bei Anfertigung solcher Abschriften zugleich gesucht hat, sein Buch durch Aenderungen und Vermehrungen zu verbessern und zu vervollständigen, ist nicht unwahrscheinlich. Und daraus würde folgen, dass die vorhandenen Handschriften, je nachdem sie von der einen oder der anderen Originalhandschrift abstammen, mehr oder minder von einander abweichen müssen. In der That findet sich in den von mir eingesehenen Handschriften eine grosse Mannichfaltigkeit in Beziehung auf die Kapiteleintheilung, sowie auf die Anzahl und den Text der einzelnen Paragraphen, und diese Verschiedenheit kann kaum auf andere Weise erklärt werden.

Allerdings erstrecken sich die Abweichungen der einzelnen Handschriften von einander noch weiter. Sie enthalten zum Theil Zusätze im Texte, die erst nach dem Tode des

Malaxus hinzugefügt sein können, z. B. einen Synodalbeschluss vom J. 1660 (c. 152 § 2—8 der Ausgabe von Sgouta). Sie enthalten ferner Anhänge, ja ganze angehängte κανονάρια. Und die Kapitelzahlen werden durch diese Anhänge hindurch fortgesetzt, so dass der Nomokanon des Malaxus bald aus 203—298, bald aus 301—379, bald aus 402—487, bald aus 500—694 Kapiteln zu bestehen scheint. Eine solche durch Zusätze und Anhänge vermehrte Handschrift muss auch Leo Allatius benutzt haben, der in den Abhandlungen de Georgiis und de liturgia S. Jacobi angeblich aus Malaxus ein c. 195 (über einen mit Sand getauften Juden, geschöpft «ex Scylitze»), ein c. 220 (über die λειτουργία τοῦ Ἁγίου ἰακώβου) und ein c. 483 (zwei σημειώματα des P. Xiphilinus enthaltend) citirt, Stellen, die dem eigentlichen Nomokanon ganz fremd sind. Auch von dem unten zu nennenden Pawloff werden Stellen aus Malaxus citirt, die sich in meinen Handschriften nicht sämmtlich und zum Theil nur in etwas veränderter Fassung nachweisen lassen.

Wo die in späterer Zeit gemachten Aenderungen, Zusätze und Anhänge besonders umfangreich waren, konnten sich die Schreiber solcher Handschriften wohl für berechtigt halten, den Nomokanon für ihr eigenes Werk auszugeben. Aber auch abgesehen von Bereicherungen gab der Schlusssatz der Vorrede Ἤνυσται κτλ., der ebensowohl von der Abfassung des Werkes als von der Vollendung einer Abschrift desselben verstanden werden konnte, Abschreibern Veranlassung ihren eigenen Namen dem Namen des Manuel Malaxus und das Jahr der Abschrift dem Jahre der Abfassung zu substituiren. So wird in einer Handschrift in der Vorrede das Jahr 1614, in anderen als Schreiber Thomas Ritzos auf Paros und das Jahr 1609, oder der Priester Stylianus aus Joannina und das Jahr 1622, oder Cyrianes aus Tirnowa und das Jahr 1664, oder der Mönch Cyrillus in Jerusalem und das Jahr 1704 genannt.

Aus einer ihm von mir überlassenen Handschrift des XVII. Jahrhunderts hat Leonidas Sgouta im J. 1856 in seiner Zeitschrift Θέμις Bd. VII S. 165—246 die Kap. 1 bis 10, 138 bis 228 (dem Schlusskapitel) und den vollständigen Πίναξ abdrucken lassen. Ich besitze noch eine andere Handschrift des XVII. Jahrhunderts, von der noch weiter unten gehandelt werden wird, in welcher zu Anfang der Nomokanon des Manuel Malaxus in 276 (oder nach richtigerer Zählung 273) Kapiteln, ohne Vorrede und ohne Nennung des Verfassers, steht. Ich will aus dieser Handschrift ein Verzeichniss der Kapitel des Textes und einige Bruchstücke unter steter Verweisung auf die Ausgabe von Sgouta mittheilen, damit das, was ich vorhin über die Abweichungen der verschiedenen Handschriften von einander gesagt habe, recht klar und anschaulich werde. Für die Kapitel 35. 50. 81. 93—95. 97—102. 135—137. 140. 144. 156—163. 168. 172. 177—179. 181. 187—193. 196. 209. 215. 222 bei Sgouta finden sich keine entsprechenden Stücke in meiner Handschrift; dagegen hat diese in ihren Kapiteln 8. 10. 13. 14. 16. 19. 25. 26. 28. 42. 50. 53. 62. 82. 85. 86. 88. 89. 94. 96. 99. 100. 123. 124. 149. 214—216. 270—276 Stücke, welche bei Sgouta fehlen. Sehr häufig vertheilt meine Handschrift ein Sgouta'sches Kapitel in mehrere Kapitel, und dies ist der Hauptgrund, warum in dieser Ausgabe nur 228, in

meiner Handschrift dagegen 276 Kapitel gezählt werden. Die einzelnen Kapitel haben bei Sgouta zuweilen mehr Paragraphen, z. B. c. 2 § 13, c. 3 § 6, c. 7 § 3, c. 8 § 3—5 der Ausgabe: zuweilen hat meine Handschrift Paragraphen, die bei Sgouta fehlen, z. B. c. 2 § 1. 2, c. 3 § 10. 14, c. 207 § 11, c. 219 § 3, c. 245 § 3. 4. Was endlich den Text der einzelnen Paragraphen betrifft, so stimmen die Sgouta'sche Ausgabe und meine Handschrift kaum irgendwo genau überein, wie noch besonders unten bei c. 17. § 2 und c. 196 § 1. 2 bemerkt werden wird.

Mit Uebergehung des Πήναξ mag nun hier eine Skizze des Nomokanon in meiner Handschrift folgen; S. bezeichnet die zu vergleichende Sgouta'sche Ausgabe.

Κεφ. ά. Περὶ κριτοῦ ἤτοι τοῦ ἀρχιερέως τοῦ εἶναι πρὸς πάντας συμπαθὴς καὶ νὰ μὴν πιστεύῃ λόγους τινὸς χωρὶς νὰ ἐξετάζῃ.

1. Τοῦ ματθαίου. = S. 1, 1.
2. Χρυσοστόμου. = S. 1, 2.

— β'. Περὶ κριτοῦ κοσμικοῦ τίνα εἰκονίζει τοῦ ἔχειν.

1. Τοῦ ματθαίου.[1]) Τρία εἰκονίζει τὸν ἀληθῆ κριτὴν νὰ ἔχῃ, τὸ ταπεινὸν πρὸς τοὺς ἀφιερωμένους θεῷ, οἱ ὁποῖοι εἶναι τοῦ βήματος τουτέστι ἱερωμένοι ἀρχιερεῖς ἱερεῖς καὶ διάκονοι· καὶ νὰ εἶναι ἁπλὸς εἰς τὰς τραπέζας· καὶ εἰς τὰς κρίσεις νὰ μὴν βλέπῃ πρόσωπον ἀνθρώπου καὶ κρίνῃ ἀδικίαν· διότι θέλη δώσει λόγον τῷ δικαίῳ κριτῇ κυρίῳ ἡμῶν ἰησοῦ χριστῷ ἐν τῇ φρικτῇ αὐτοῦ παρουσίᾳ.
2. Λέγει γὰρ ὁ θεῖος ἀπόστολος· ἄδικοι βασιλείαν θεοῦ οὐ κληρονομοῦσιν.
3. = S. 2, 11.
4. Ἀγάθωνος. = S. 1, 3.

— γ'. Περὶ δικαιοσύνης καὶ περὶ τοῦ ποιεῖν δικαιοσύνην ὁ κρίνων.

1. Ματθαίου. = S. 2, 1.
2. Σειράχ. = S. 2, 2.
3. = S. 2, 3.
4. = S. 2, 4.
5. Τοῦ σοφωτάτου ἐπικλήτου. = S. 2, 5.
6. Τῶν θείων ἀποστόλων. = S. 2, 6.
7. Τοῦ προφήτου ἡσαΐου. = S. 2, 7b.
8. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 2, 7a.
9. = S. 2, 8.
10. Σειράχ. Ὁ ποιῶν δικαιοσύνην κληρονομεῖ τὰ οὐράνια ἀγαθὰ ἃ ὀφθαλμὸς οὐκ εἶδε καὶ οὖς οὐκ ἤκουσε καὶ ἐπὶ καρδίαν ἀνθρώπου οὐκ ἀνέβη.
11. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 3, 2.
12. Ἀντιόχου. = S. 2, 9.
13. Τῆς θείας γραφῆς. = S. 2, 10.

[1]) Blats. A, 15, 2.

14. Καὶ ὁ Θεῖος Δαυὶδ· μακάριοι οἱ φυλάσσοντες κρίσιν καὶ ποιοῦντες δικαιοσύνην ἐν παντὶ καιρῷ.

— δ'. Περὶ νόμου καὶ τί ἐστι νόμος.

1. Ματθαίου. = S. 3, 1.
2. Γρηγορίου τοῦ Θεολόγου. = S. 3, 3.
3. Ἰσοκράτους. = S. 3, 4.
4. Νόμοι. = S. 3, 5.
5. Λέοντος καὶ Ἀλεξάνδρου τῶν βασιλέων. = S. 2. 12.

— ε'. Περὶ ἐθῶν τῆς ἐκκλησίας ἀγράφων ἤτοι συνηθείας.

1. = S. 4, 1.

— ς'. Περὶ ἐθῶν πολιτικῶν ἤτοι συνηθείας τῶν πόλεων.

1. = S. 4, 2.
2. Φωτίου κωνσταντινουπόλεως[1]). = S. 4, 3.
3. = S. 4, 4.

— ζ'. Περὶ πατριάρχου ὅτι εἰκὼν χριστοῦ ἐστι καὶ τί νὰ εἶναι ὁ σκοπὸς καὶ ἡ φροντίς του.

1. = S. 5, 1 mit einem Zusatz nach Blast. II, 8, 2—4.

— η'. Περὶ τῆς κωνσταντινουπόλεως πῶς ἐκαλεῖτο πρῶτον.

1. Ἡ κωνσταντινούπολις βυζάντιον ἐκαλεῖτο πρῶτον, ὅτι ἐκτίσθη ὑπὸ τοῦ βύζαντος, καὶ ἐν ὑστέροις ἐκτίσθη ὑπὸ τοῦ μεγάλου κωνσταντίνου καὶ μετωνομάσθη εἰς τὸ ὄνομα αὐτοῦ κωνσταντινούπολις καὶ βασίλισσα τῶν πόλεων. (Vgl. S. 6, 1.)
2. Καὶ οἱ τῆς β' συνόδου Θεῖοι πατέρες ὥρισαν, νὰ ἔχῃ ὁ κωνσταντινουπόλεως πατριάρχης τὰ ἴσα τῆς πρεσβυτέρας ῥώμης τιμῆς μετὰ τὸν ἐπίσκοπον αὐτῆς, καὶ τὴν ὀνόμασαν νέαν ῥώμην. τὸ μετὰ τὴν ῥώμην ὁποῦ λέγει ἄνωθεν δηλοῖ τὸ δεύτερον εἶναι τὸν πατριάρχην κωνσταντινουπόλεως. (Vgl. S. 6, 1.)

— θ'. Περὶ τοῦ πότε ἐδόθη τοῦ πατριάρχου χειροτονεῖν μητροπολίτας.

1. = S. 5, 2. 3.

— ι'. Περὶ ἐπισκόπων ὅτι χειροτονοῦνται ὑπὸ τῶν μητροπολιτῶν.

1. Τοὺς ἐπισκόπους χειροτονοῦν οἱ μητροπολίται εἰς τὰς ἐπισκοπὰς αὐτῶν. εἰ δὲ ὁ μητροπολίτης εἶναι ἀποθαμένος, ἐὰν θέλῃ ὁ πατριάρχης πρῶτον χειροτονεῖ ἐπισκόπους εἰς τὰς χηρευούσας ἐπισκοπὰς καὶ τότε μητροπολίτην· ὅτι ἀφ' οὗ χειροτονήσει μητροπολίτην, πλέον δὲν ἠμπορεῖ κατὰ τὴν ἀπόφασιν τοῦ νόμου νὰ χειροτονήσῃ ἐπίσκοπον, μόνον ἡ μητροπολίτης τῆς ἐπαρχίας χειροτονεῖ ἐπισκόπους εἰς τὰς ἐπισκοπὰς αὐτῶν.

— ια'. Διατί χειροτονεῖ ὁ ἡρακλείας τὸν πατριάρχην καὶ οὐχὶ ἄλλος.

1.—3. = S. 6, 1.

— ιβ'. Περὶ τῶν μὴ μνημονευόντων τὸν πατριάρχην.

1. Συνόδου α' καὶ β' κανὼν ιε'. = S. 6, 2.

---

[1]) Vgl. Epanag. 2, 12.

— ιγ'. Ὅτι ποῖοι μνημονεύουν τὸν πατριάρχην καὶ μητροπολίτας ἢ ἀρχιεπισκόπους ἢ ἐπισκόπους.

1. Οἱ μητροπολῖται ἀρχιεπίσκοποι καὶ οἱ εὑρισκόμενοι ἱερεῖς εἰς τὴν ἐπαρχίαν τοῦ κωνσταντινουπόλεως καὶ εἰς τὰ σταυροπήγια μνημονεύουν τὸν πατριάρχην.
2. Εἰς δὲ τὰς μητροπόλεις μνημονεύουν οἱ ἐπίσκοποι καὶ οἱ ἱερεῖς τὸν μητροπολίτην αὐτῶν, οἱ δὲ εἰς τὰς ἀρχιεπισκοπὰς εὑρισκόμενοι ἱερεῖς μνημονεύουν τὸν ἀρχιεπίσκοπον αὐτῶν· εἰ δὲ ἀποξάνῃ ὁ ἐπίσκοπος αὐτῶν, μνημονεύουν τὸν μητροπολίτην· εἰ δὲ εἶναι ἀποξαμένος καὶ ὁ μητροπολίτης, μνημονεύουν τὸν πατριάρχην. ὅταν δὲ μνημονεύουν τὸν πατριάρχην τοὺς μητροπολίτας ἢ ἀρχιεπισκόπους, λέγουν οὕτως· ἔτι δεόμεθα ὑπὲρ τοῦ ἀρχιεπισκόπου ἡμῶν δεῖνα· ὅταν δὲ μνημονεύουν ἐπίσκοπον, ὑπὲρ τοῦ ἐπισκόπου ἡμῶν δεῖνα.

— ιδ'. Περὶ ἀρχιερέως ὅτι χειροτονεῖται ὑπὸ δύο ἢ τριῶν ἐπισκόπων.

1. Ἀποστόλων κανὼν α'. Ὁ α' κανὼν τῶν ἁγίων ἀποστόλων ὁρίζει ὅτι ἀρχιερεὺς νὰ χειροτονεῖται ὑπὸ δύο ἢ τριῶν ἐπισκόπων. ὁ ζωναρᾶς καὶ βαλσαμὼν ἐξηγοῦνται τὸν αὐτὸν κανόνα, ὅτι χειροτονία εἶναι οἱ ψῆφοι ὁποῦ ψηφίζουν τὸν μέλλοντα γενέσθαι ἀρχιερέα.

— ιε'. Περὶ τοῦ θέλοντος χειροτονηθῆναι ἐὰν τις κατηγορήσῃ αὐτόν.

1. Φωτίου κωνσταντινουπόλεως[1]). =S. 7,1.

— ιϛ'. Περὶ ψήφων ὅτι νὰ γίνωνται ὑπὸ τῶν ἀρχιερέων καὶ οὐχὶ ὑπὸ τοῦ λαοῦ.

1. Συνόδου λαοδικίας ιβ'. Ὁ ιβ' κανὼν τῆς ἐν λαοδικίᾳ συνόδου λέγει, ὅτι οἱ ψῆφοι νὰ γίνωνται παρὰ τῶν ἀρχιερέων καὶ οὐχὶ ὑπὸ τοῦ λαοῦ. καὶ ἐκεῖνος ὁποῦ ψηφίζουν νὰ εἶναι δοκιμασμένος καὶ περὶ πίστεως, τουτέστι νὰ πιστεύῃ ὀρθὰ καὶ νὰ εἶναι δόκιμος εἰς τὴν θείαν γραφήν.

— ιϛ'. Περὶ ἐὰν λάβῃ τὶς χάρισμα ἐκκλησιαστικον ἀρχιερωσύνην ἢ ἱερωσύνην μὲ φλωρία ἢ διὰ παρακάλεσιν ἀρχόντων.

1. = S. 8, 1.
2. = S. 8, 2.[2])

— ιή. Περὶ τοῦ θέλοντος ἱερωθῆναι ὅτι νὰ ἠξεύρῃ γράμματα καὶ νὰ ἐξετάζεται.

1. Ἀθανασίου ἀλεξανδρείας. = S. 7, 2.

— ιθ'. Περὶ τῶν μὴ φυλασσόντων τὰ νόμιμα.

1. Τοῦ θεοῦ πρὸς τὸν προφήτην. Ὑμεῖς οἱ ἱερεῖς οἱ μὴ φυλάσσοντές μου τὰ νόμιμα ἐγὼ παραδώσω ὑμᾶς εἰς σφαγὴν ὡς σεδεκίαν καὶ ἀχαΐαν οὓς ἀπετυγάνισε βασιλεὺς βαβυλῶνος, ὥς φησιν ὁ προφήτης ἱερεμίας.

— κ'. Περὶ ἱερωμένων ἐὰν πορνεύσουν ἢ κλέψουν ἢ ἐπιορκίσουν.

1. = S. 9, 1 mit einem Zusatz nach Blast. Δ, 9, 1.

— κά'. Περὶ ἱερωμένων ὁποῦ ἔχουν γυναῖκας καὶ γένουσι ἀρχιερεῖς.

1. = S. 10, 1.

[1]) Vgl. Epanag. VIII, 5.

[2]) Jedoch mit abweichendem Texte. Der Text in der Ausgabe von Sgouta pflegt überhaupt vielfach breiter und vulgärer in der Sprache zu sein.

— κβ΄. Ὅτι ἡ χειροτονία γίνεται μετὰ συμβουλῆς τῆς γυναικὸς ἐκείνου ὁποῦ θέλει νὰ λάβῃ τὴν ἀρχιερωσύνην καὶ αὐτὴ νὰ γίνεται καλογραία.

1. Συνόδου ς΄ κανὼν μή. = S. 10, 2.
2. Ἐρώτησις. = S. 10, 3.
3. Ἀπόκρισις. = S. 10, 4.
4. Ὁρισμὸς τοῦ βασιλέως κυροῦ ἰσαακίου τοῦ ἀγγέλου. = S. 10, 5.

— κγ΄. Περὶ ἐπισκόπου καὶ τί λέγεται ἐπίσκοπος[1]). (S. 11.)
— κδ΄. Περὶ ἀρχιερέως ὅτι νὰ ἔχῃ ἐξουσίαν εἰς πάντα τὰ ἐκκλησιαστικά. (S. 11.)
— κε΄. Περὶ ἱερέων καὶ διακόνων ὅτι νὰ μὴν κάμνουν τίποτες ἐκκλησιαστικὸν χωρὶς θέλημα τοῦ ἀρχιερέως αὐτῶν.
— κς΄. Περὶ ἀρχιερέως ὁποῦ ἀμελεῖ τὸ ποίμνιον αὐτοῦ καὶ δὲν παιδεύει τὴν εὐσέβειαν.
— κζ΄. Περὶ ἀρχιερέως ὅτι νὰ μὴν κάμνῃ χειροτονίαν ἔξω τῆς ἐπαρχίας αὐτοῦ. (S. 12.)
— κή. Ὅτι τοῦ κωνσταντινουπόλεως πατριάρχου ἐδόθη νὰ πέρνῃ ἱερεῖς ὅσεν θέλει νὰ τοὺς κάμνῃ κληρικούς.
— κθ΄. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν ἀφήσῃ τὸν θρόνον αὐτοῦ καὶ ὑπάγῃ εἰς ἄλλον τόπον καὶ λείψῃ ἓξ μῆνας χωρὶς θελήσεως τοῦ πατριάρχου ἢ χωρὶς νὰ εἶναι ἀσθενής. (S. 13.)
— λ΄. Ὅτι οὐδεὶς τῶν ἱερωμένων μὴ ἐχόντων γυναῖκας κατοικεῖν μετὰ ἄλλης. (S. 14.)
— λα΄. Περὶ κατηγορίας ἐπισκόπων καὶ κληρικῶν ποίους δέχονται εἰς κατηγορίαν. (S. 15.)
— λβ΄. Ὅτι οἱ κατηγοροῦντες ἀρχιερέα νὰ εἶναι ἀνεπίληπτοι. (S. 16.)
— λγ΄. Ὅτι πόσοι ἀρχιερεῖς θέλει νὰ εἶναι ὅταν κρίνουν ἀρχιερέα καὶ πόσοι εἰς ἱερέα καὶ εἰς διάκονον. (S. 17.)
— λδ΄. Περὶ ἀρχιερέως ὁποῦ εἶναι εἰς κατηγορίαν καὶ στείλῃ ἡ σύνοδος πρῶτον καὶ δεύτερον καὶ τρίτον μήνυμα καὶ δὲν πηγένῃ. (S. 18.)
— λε΄. Ὅτι ἐὰν εὑρίσκεται ἀρχιερεὺς εἰς κατηγορίαν χωρὶς νὰ γένῃ κρίσις ἀρχιερατικὴ δὲν τὸν εὐγάνουν ἀπὸ τὸν θρόνον του. (S. 19.)
— λς΄. Περὶ τοῦ κατηγοροῦντος ἐπίσκοπον εἰς πολλὰ ἐναντία καὶ μὴ ἀποδειξαμένου ἓν ἐξ αὐτῶν. (S. 20.)
— λζ΄. Περὶ μαρτύρων ὅτι νὰ μὴν εἶναι αἱρετικοὶ οὔτε ἄπιστοι ἀλλὰ δύο ἢ τρεῖς ἀξιόπιστοι.
— λή. Περὶ κατηγόρων ὅτι νὰ μὴν φέρνουν μάρτυρας οἰκειακούς. (S. 22.)
— λθ΄. Περὶ τοῦ ἔχοντος ὑπόθεσιν νὰ μὴν φέρνῃ μάρτυρας συγγενεῖς. (S. 22.)
— μ΄. Ὅτι ἀξιόπιστοι νὰ εἶναι οἱ μάρτυρες καὶ ποῖοι ἐμποδίζονται εἰς μαρτυρίαν καὶ ποῖοι δὲν ἐμποδίζονται. (S. 23.)
— μα΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν ψευδομαρτυρήσῃ ἢ ἐναντιωθῇ τὴν ὑπογραφήν του. (S. 24.)
— μβ΄. Περὶ συκοφαντίας.
— μγ΄. Περὶ ἱερέως ἢ διακόνου ἐάν τους συκοφαντησουν. (S. 25.)
— μδ΄. Περὶ ἐὰν καθήρωσιν ἐπίσκοπον ἢ ἄλλον τῶν ἱερωμένων καὶ λειτουργήσῃ. (S. 26.)

---

1) Von hier ab bis κεφ ρϟζ΄ hat Sgouta den Text nicht herausgegeben. Es sollen daher nur die entsprechenden Kapitelzahlen des bei Sgouta gedruckten Πίναξ in Parenthese angegeben werden.

— μέ. Ὅτι ἡ ἀπόφασις τοῦ πατριάρχου δὲν μετακρίνεται. (S. 27.)
— μς. Ὅτι ὁ καθαιρεθεὶς ἀρχιερεὺς ἔχει ἄδειαν νὰ μετακαλῇ δευτέραν σύνοδον νὰ μετακρίνεται. (S. 28.)
— μζ. Περὶ ἐὰν ἐκάθηραν τινὰ ἀρχιερέα καὶ ἐγένετο δευτέρα κρίσις καὶ ἐφάνη ἀναίτιος. (S. 29.)
— μή. Περὶ πότε ἐκάθηραν ἀρχιερέα καὶ ἐσυγχωρήθη. (S. 29.)
— μθ. Περὶ μεταθέσεως ἀρχιερέων καὶ τί λέγεται μετάθεσις. (S. 30.)
— ν. Περὶ ὅτι προβιβάζει μητροπολίτης τὸν ἐπίσκοπον αὐτοῦ εἰς ὑψηλοτέραν ἐπισκοπήν.
— να. Περὶ παραιτήσεως ἐπισκόπων. (S. 30.)
— νβ. Περὶ ἐπισκόπων καὶ ἱερέων τῶν μὴ μνημονευόντων τὸν μητροπολίτην αὐτῶν. (S. 31.)
— νγ. Περὶ τῶν ἀναξίως ὡς ἱερωσύνην ἐλθόντων.
— νδ. Ὅτι τὰ σφάλματα τῶν ἱερέων ὑπὸ τοῦ ἀρχιερέως κανονίζονται.
— νε. Περὶ ἀναθέματος. (S. 32.)
— νς. Περὶ τοῦ ἀφορισθέντος δικαίως ἢ ἀδίκως παρὰ τοῦ ἀρχιερέως νὰ μὴν καταφρονῇ τοῦ ἀφορισμοῦ. (S. 33.)
— νζ. Περὶ ἱερωμένων ἐὰν ἀφορίσουν τινὰ χωρὶς αἰτίαν. (S. 34.)
— νη. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν ἀργήσῃ ἱερέα ἢ κοσμικὸν ἀφορίσῃ. (S. 34.)
— νθ. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν ἀργήσῃ ἱερέα ἢ ἀφορίσῃ κοσμικὸν δικαίως ἢ ἀδίκως. (S. 34.)
— ξ. Περὶ ἀφορισμένου πόθεν γνωρίζεται μετὰ θάνατον πόθεν ἀφορίσθη. (S. 36.)
— ξα. Ὅτι οἱ ἱερεῖς δὲν ἠμποροῦν νὰ ἀφορίσουν τινὰ χωρὶς τὸ θέλημα τοῦ ἀρχιερέως. (S. 37.)
— ξβ. Ὅτι οὐ μόνον ὅσα λύσουν οἱ ἀρχιερεῖς εἶναι λυμένα ἀλλὰ ὅσα λύσουν καὶ οἱ ἀδικηθέντες.
— ξγ. Περὶ ἀφωρισμένων ὁποῦ τοὺς ἀφορίζουν οἱ ἀρχιερεῖς καὶ μετὰ θάνατον εὑρίσκονται λελυμένα τὰ σώματα αὐτῶν. (S. 38.)
— ξδ. Περὶ ἀποθαμένου ὁποῦ νὰ εὑρεθῇ ἀκέραιον τὸ σῶμα αὐτοῦ μὴ ἔχων τρίχας. (S. 39.)
— ξε. Λύσις ἀφορισμοῦ λεγομένη παρὰ ἀρχιερέως. (S. 40.)
— ξς. Περὶ ἱερέως ἐὰν τὸν ἀργήσῃ ὁ ἀρχιερεὺς καὶ λειτουργήσει. (S. 41.)
— ξζ. Περὶ κληρικῶν καὶ ἱερέων ἂν κάμουν συνομοσίαν ἢ φατρίαν κατὰ τοῦ ἀρχιερέως αὐτῶν. (S. 42.)
— ξη. Περὶ κληρικοῦ ἐὰν ὑβρίσῃ τὸν ἀρχιερέα αὐτοῦ ἢ πρεσβύτερον. (S. 43.)
— ξθ. Ἐάν τις χριστιανὸς ὑβρίσῃ ἱερέα ἢ δήῃ. (S. 43.)
— ο. Περὶ τῶν καταλαλούντων τοῦ ἀρχιερέως αὐτῶν. (S. 43.)
— οα. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν λειτουργῇ μόνος του. (S. 44.)
— οβ. Περὶ τῶν ἀρχιερατικῶν φορεμάτων τί δηλοῖ ἕνα πρὸς ἕνα. (S. 45.)
— ογ. Διατί λέγεται θεοφόρος ὁ ἀρχιερεὺς καὶ τί δηλοῖ τὸ μενδύον αὐτοῦ. (S. 46.)
— οδ. Τί δηλοῖ ἡ κουρὰ ὁποῦ κουρεύεται ὁ ἀρχιερεὺς τὴν κορυφήν. (S. 46.)
— οε. Περὶ τὸ ἰησοῦς χριστὸς ὄνομα ὁποῦ εἶναι σημειωμένον ἐν τῷ ἁγίῳ σώματι τοῦ ἀρχιερέως. (S. 47.)
— ος. Τί εἰκονίζει ὁ ἀρχιερεὺς ὅταν εὐλογῇ μὲ τὰς δύο χεῖρας. (S. 47.)
— οζ. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν μεγαλοσχημήσῃ. (S. 48.)
— οη. Περὶ ἀρχιερέως ἐὰν στανικῶς μεγαλοσχημήσῃ. (S. 48.)

— οϚ΄. Περὶ ἐπισκόπου ἢ ἄλλου τοῦ κλήρου ὁποῦ συνέρχεται εἰς ἁμαρτήματα καὶ ὁ λαὸς ἀποφεύγει ἐξ αὐτοῦ. (S. 49.)
— π΄. Περὶ τοῦ μὴ κατακρίνειν κοσμικὸς ἱερέα. (S. 49.)
— πα΄. Περὶ διαθήκης ἀρχιερέως. (S. 51.)
— πβ΄. Ὅτι μετὰ τὸν θάνατον τοῦ ἀρχιερέως ποῦ νὰ δοθοῦν τὰ ῥοῦχα του.
— πγ΄. Περὶ τῆς ἡλικίας τῶν χειροτονουμένων ἱερέων. (S. 52.)
— πδ΄. Περὶ χειροτονίας ἱερέων καὶ διακόνων καὶ ποῖα ἁμαρτήματα ἐμποδίζουν τὴν ἱερωσύνην. (S. 52.)
— πε΄. Περὶ ἱερέων πῶς πρέπει νὰ εἶναι.
— πϚ΄. Περὶ θυσιῶν τῶν ἱερέων καὶ πῶς ὀφείλουσι δέεσθαι τοῦ θεοῦ.
— πζ΄. Περὶ τῆς σφραγίδος τοῦ ἱερέως ὁποῦ ἔχει εἰς τὴν κορυφὴν, τί δηλοῖ. (S. 53.)
— πη΄. Περὶ πρεσβυτέρου ὅτι ποιεῖ σταυροπήγιον.
— πθ΄. Περὶ ἱερέων ὅτι νὰ μὴν λαμβάνουν δῶρα ὅταν μεταλαμβάνουν.
— ϙ΄. Περὶ ἐπισκόπου ἢ πρεσβυτέρου ἢ διακόνου ὁποῦ λειτουργήσῃ καὶ δὲν μεταλάβῃ. (S. 54.)
— ϙα΄. Περὶ τῶν θελόντων λαβεῖν ἱερωσύνην χωρὶς γυναῖκα. (S. 55.)
— ϙβ΄. Περὶ κοσμικοῦ ἱερέως ὅτι δὲν κάμνει καλόγηρον. (S. 56.)
— ϙγ΄. Περὶ ἱερέως ὁποῦ λειτουργήσει μετὰ ἔχθρας. (S. 57.)
— ϙδ΄. Περὶ ἱερέων ὁποῦ ἔχουν ἔχθραν ἀνάμεσόν τους καὶ λειτουργήσουν.
— ϙε΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν ξεράσῃ τῇ ἡμέρᾳ ὁποῦ λειτουργήσει. (S. 57.)
— ϙϚ΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν τὸν καλέσουν νὰ ἐξομολογήσῃ ἀσθενῆ καὶ ἀμελήσει.
— ϙζ΄. Περὶ ἱερέως καταφρονοῦντος τὸν ναὸν τοῦ θεοῦ. (S. 58.)
— ϙη΄. Περὶ σκευῶν τῆς ἐκκλησίας ἐὰν καῶσι. (S. 58.)
— ϙθ΄. Περὶ ἱερέως ἀμελοῦντος τῆς θείας ὑπηρεσίας αὐτοῦ.
— ρ΄. Περὶ ἐπισκόπων ὅτι δεῖ τιμᾶν τοὺς ἱερεῖς αὐτῶν.
— ρα΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν εἶναι κυνηγὸς ἢ πουλοπιάστης. (S. 59.)
— ρβ΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν μαντεύῃ ἢ μαντεύεται ἢ εἶναι καταδότης. (S. 59.)
— ργ΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν οὐ ψάλλῃ τὰς ὥρας καὶ λειτουργήσει. (S. 60.)
— ρδ΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν κάμνῃ μόνος του εὐχέλαιον. (S. 60.)
— ρε΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν ἀποθάνῃ ἄτεκνος. (S. 61.)
— ρϚ΄. Περὶ ἱερέων ἐὰν δὲν μνημονεύουν τὸν ἀρχιερέα αὐτῶν. (S. 62.)
— ρζ΄. Ὅτι οἱ ἱερεῖς εἶναι εἰς τύπον τῶν ο΄ ἀποστόλων, οἱ δὲ ἀρχιερεῖς τῶν ιβ΄. (S. 63.)
— ρη΄. Περὶ ἱερωμένων καὶ καλογέρων ὅτι νὰ μὴν μεταχειρίζονται κοσμικὰς φροντίδας. (S. 64.)
— ρθ΄. Περὶ παντὸς ἱερωμένου ἐὰν οὐ ψάλλῃ τὴν ἀκολουθίαν αὐτοῦ. (S. 65.)
— ρί. Περὶ τοῦ διακρινομένου μεταλαμβάνειν παρὰ κοσμικοῦ ἱερέως. (S. 66).
— ρια΄. Περὶ πρεσβυτέρου αἰσχυνομένου μεταλαβεῖν τὴν πρεσβυτέραν του. (S. 66.)
— ριβ΄. Περὶ ἱερέως ὑπανδρευθῇ ἢ κληρικὸς ἐὰν δευτερογαμήσῃ. (S. 67.)
— ριγ΄. Περὶ τοῦ θέλοντος ἱερωθῆναι καὶ λάβῃ γυναῖκα χήρα ἢ δούλη ἢ ἄλλη κακοῦ βίου. (S. 68.)
— ριδ΄. Περὶ τοῦ εὑρισκομένου εἰς ἁμαρτήματα ὁποῦ ἐμποδίζουν τὴν ἱερωσύνην καὶ χειροτονηθῇ. (S. 69.)

— ριέ. Περὶ ἑβραίου ὁποῦ νὰ βαπτισθῇ ὅτι γίνεται ἱερεύς. (S. 69.)
— ριϛ. Περὶ ἱερέως ἐὰν ὁμολογήσῃ ἑκουσίως τὸ ἁμάρτημα ὁποῦ ἔκαμε πρὶν νὰ χειροτονηθῇ. (S. 70.)
— ριζ. Περὶ τῶν ἀναξίως ἱερατευόντων. (S. 69.)
— ριή. Περὶ διακόνου ἐὰν πορνεύσῃ ἢ μέχρι φιλήματος ἁμάρτῃ ἱερεὺς ἢ διάκων. (S. 71.)
— ριϑ. Περὶ γυναικὸς ἐὰν κάμῃ παιδίον καὶ διαβάλλει ἱερέα ὅτι μετ' αὐτοῦ τὸ ἔκαμεν. (S. 72.)
— ρκ. Ἐάν τις ἐλθῇ εἰς γάμον καὶ εὑρεθῇ παράνομος. (S. 73.)
— ρκά. Περὶ ἱερέως καθαιρεθέντος ἐὰν λέγῃ τὸ εὐλογητὸς ὁ Θεός. (S. 74.)
— ρκβ. Περὶ ἱερέως συνευξαμένου κληρικῷ καθηρημένῳ. (S. 74.)
— ρκγ. Περὶ τοῦ συνευξαμένου ἀφωρισμένῳ.
— ρκδ. Περὶ ἱερέως ἐὰν λειτουργήσῃ χωρὶς ἀντιμηνσίου.
— ρκέ. Περὶ ἱερέως ἐὰν μοιχεύεται ἡ γυναῖκα του ἢ λαϊκοῦ καὶ θέλει νὰ ἱερωθῇ. (S. 75.)
— ρκϛ. Περὶ πρεσβυτέρας ἐὰν δυναστικῶς μολυνθῇ. (S. 75.)
— ρκζ. Περὶ ἀρχιερέων ὁποῦ δέχονται ξένους ἱερεῖς χωρὶς ἀπολυτικὰ καὶ συστατικὰ γράμματα. (S. 76.)
— ρκή. Περὶ ποῖα λέγονται συστατικὰ καὶ ποῖα ἀπολυτικὰ καὶ εἰρηνικὰ γράμματα. (S. 76.)
— ρκϑ. Περὶ αἱχμαλώτου ἱερέως ὅτι δέχεται χωρὶς συστατικοῦ καὶ ἀπολυτικοῦ γράμματος. (S. 76.)
— ρλ. Περὶ τῶν λαμβανόντων τόκους ἱερωμένων τε καὶ καλογήρων ἢ καὶ κοσμικῶν. (S. 77.)
— ρλά. Περὶ κληρικῶν ἐγγυητῶν ὅτι καθήρονται. (S. 78.)
— ρλβ. Περὶ κληρικῶν νὰ μὴν πηγένουν εἰς καπηλεῖον οὔτε νὰ ἔχουν. (S. 79.)
— ρλγ. Περὶ δαιμονιζομένων ὅτι νὰ μὴν γίνονται κληρικοί. (S. 80.)
— ρλδ. Περὶ σεληνιαζομένου ἱερέως. (S. 80.)
— ρλέ. Περὶ ἐὰν χειροτονεῖται ἐπίσκοπος ἢ ἄλλος τοῦ ἱερατικοῦ ὁποῦ νὰ ἔχῃ νόσημα. (S. 82.)
— ρλϛ. Περὶ ἱερέως ἐὰν εὐλογήσῃ γάμον παράνομον. (S. 83.)
— ρλζ. Περὶ ἱερέως ἐὰν λούεται τῇ ἡμέρᾳ ὁποῦ θέλει νὰ λειτουργήσῃ ἢ κοσμικὸς ἂν ὑπάγῃ εἰς λουετρὸν ἂν μεταλαμβάνῃ. (S. 84.)
— ρλή. Περὶ ἱερέως ἐὰν ἀνοίξῃ ἡ μήτη του ἢ τὰ ὀδόντιά του ὅταν θέλῃ νὰ λειτουργήσῃ. (S. 85.)
— ρλϑ. Περὶ ἱερωμένων ὅτι νὰ ἀπέχουν ἀπὸ τὰς γυναῖκας αὐτῶν ὅταν θέλουν νὰ λειτουργήσουν. (S. 86.)
— ρμ. Περὶ ἱερωμένων ὁποῦ βδελύττονται τὸν νόμιμον γάμον ἢ τὸν οἶνον ἢ τὰ κρέη. (S. 87.)
— ρμά. Περὶ γυναικ'ς ἐὰν ἀφήσῃ τὸν ἄνδρα ἢ ἄνδρας τὴν γυναῖκα διὰ τὸ βδελύττεσθαι τὸν γάμον. (S. 88.)
— ρμβ. Περὶ ἱερῶν σκευῶν καὶ ἱεροσυλίας. (S. 89.)
— ρμγ. Περὶ τοῦ κρίνεσθαι πάντας τοὺς μοναχοὺς ὑπὸ τοῦ ἀρχιερέως αὐτῶν. (S. 90.)
— ρμδ. Περὶ ἐπισκόπου ἢ ἄλλου τοῦ κλήρου ὁποῦ παίζει χαρτία. (S. 91.)
— ρμέ. Περὶ κληρικοῦ ὁποῦ ἀρνηθῇ τὸν χριστόν. (S. 91.)
— ρμϛ. Περὶ ἱερέως ὁποῦ νὰ εἰπῇ εἰς τὸν θυμόν του νὰ ἀσεβήσῃ ἢ κοσμικὸς καὶ ἂν δύνεται ὁ ἱερεὺς νὰ λειτουργήσῃ. (S. 92.)

— ρμζ'. Περὶ ἱερέως ἐὰν βλασφημήσῃ. (S. 92.)
— ρμη'. Περὶ καθηρημένου ἀρχιερέως ἐὰν κάμνῃ χειροτονίαν. (S. 95.)
— ρμθ'. Περὶ τοῦ ἐξαγορεύσαντος χωρὶς θελήσεως τοῦ ἀρχιερέως.
— ρν'. Περὶ τῶν πραγμάτων τοῦ καλογήρου πῶς νὰ μοιρασθοῦν ἐὰν ἔχῃ παιδία. (S. 103.)
— ρνα'. Περὶ πατρὸς ὅτι νὰ μὴν ὑστερῇ τὸν υἱόν του τῆς κληρονομίας διὰ τὸ μονάσαι. (S. 103.)
— ρνβ'. Περὶ ἱερωσύνης καὶ τοῦ σχήματος τῶν μοναχῶν ποῖον εἶναι μεγαλείτερον. (S. 104.)
— ρνγ'. Περὶ μοναχῶν ἵνα μὴ γένωνται ἀναδόχοι παιδίων καὶ ἱερομονάχων να μὴν στεφανώνουν ἀνδρόγυνα. (S. 105.)
— ρνδ'. Περὶ ἐκκλησίας καὶ τί εἶναι ἐκκλησία. (S. 106.)
— ρνε'. Ὅτι ἑπτὰ εἶναι τὰ μυστήρια τῆς ἐκκλησίας. (S. 107.)
— ρνς'. Περὶ τοῦ μὴ θάπτειν νεκροὺς μέσα εἰς ἐκκλησίαν. (S. 108.)
— ρνζ'. Ὅτι εἰς τὴν ἐκκλησίαν συμπόσια δὲν γίνονται. (S. 109.)
— ρνη'. Ὅτι νὰ μὴν γίνονται καπηλεῖα εἰς τοὺς ἱεροὺς τόπους καὶ περιβόλους τῆς ἐκκλησίας. (S. 109.)
— ρνθ'. Ὅτι νὰ μὴν βάνουν ζῶα εἰς τὴν ἐκκλησίαν εἰ μὴ ἐξ ἀνάγκης. (S. 110.)
— ρξ'. Περὶ ὅτι τρώγουν καὶ πίνουν καὶ μένουν εἰς τὰς ἐκκλησίας ἐξ ἀνάγκης. (S. 110.)
— ρξα'. Περὶ τοῦ πῶς δεῖ βαπτίζειν τὸ παιδίον ὁ ἱερεύς. (S. 111.)
— ρξβ'. Περὶ ἱερέων τῶν βαπτιζόντων εἰς τρεῖς πατέρας ἢ υἱοὺς καὶ παρακλήτους. (S. 112.)
— ρξγ'. Περὶ ἱερέως ὁποῦ δὲν βαπτίζει εἰς τρεῖς καταδύσεις καὶ περὶ τῶν βαπτιζόντων εἰς μίαν κατάδυσιν. (S. 112.)
— ρξδ'. Ὅτι τὸ παιδίον ὅταν τὸ βάλῃς εἰς τὴν κολυμβήθραν νὰ βλέπῃ κατὰ ἀνατολάς. (S. 113.)
— ρξε'. Τί δηλοῖ ὅταν ἐκδύνουν τὸ παιδίον. (S. 114.)
— ρξς'. Περὶ τί δηλοῖ τὸ στρέψιμον ὁποῦ τὸ γυρίζουν δυσικα. (S. 115.)
— ρξζ'. Περὶ τοῦ χρίσματος καὶ ἀλείματος. (S. 115.)
— ρξη'. Περὶ τοῦ διατί βαπτιζόμεθα εἰς τὸ ὄνομα τῆς ἁγίας τριάδος. (S. 116.)
— ρξθ'. Περὶ τοῦ τί δηλοῦσι τὰ σταυρώματα. (S. 117.)
— ρο'. Περὶ κουρᾶς παιδίου. (S. 117.)
— ροα'. Περὶ τῶν νέων φορεμάτων ὁποῦ φορένουσι τὸ παιδίον. (S. 117.)
— ροβ'. Περὶ τῶν βαπτιζομένων ὅτι νὰ χρίνουν τους τὸ ἅγιον μῦρον. (S. 118.)
— ρογ'. Περὶ τῆς κολυμβήθρας τί εἰκονίζει. (S. 118.)
— ροδ'. Περὶ νηπίων ἐὰν εἶναι ἀμφιβολία πῶς ἐβαπτίσθησάν. (S. 119.)
— ροε. Περὶ παιδίου ἐὰν κινδυνεύῃ νὰ ἀποθάνῃ καὶ τὸ βαπτίσει ὁ ἱερεὺς καὶ δὲν προφθάσει νὰ ἁπῇ τεῖς εὐχάς. (S. 120.)
— ρος'. Περὶ ἱερέων τῶν βαπτιζόντων παιδία ἀγαρηνῶν ἢ δεχθοῦν αὐτοὺς διὰ ἀναδόχους. (S. 121.)
— ροζ'. Ὅτι ἐξ ἀνάγκης βαπτίζει καὶ λαϊκός. (S. 122.)
— ρογ'. Περὶ τῶν νηπίων τῶν χριστιανῶν ὁποῦ ἀποθάνουν ἀβάπτιστα καὶ τῶν ἀσεβῶν ποὺ ἀπέρχονται. (S. 122.)
— ροθ'. Περὶ ἱερέως ἐὰν βαπτίζῃ τὸ παιδίον αὐτοῦ ὡς ἱερεύς. (S. 124.)

— ρπ΄. Περὶ ἱερέως ὅτι ἀφ᾽ οὗ φάγει δὲν βαπτίζει, μόνον πρὶν τῆς λειτουργίας. (S. 125.)
— ρπα΄. Ὅτι τῇ ἁγίᾳ καὶ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ δὲν βαπτίζουν εἰ μὴ ἐξ ἀνάγκης. (S. 125.)
— ρπβ΄. Περὶ ἱερέως ὅτι δὲν βαπτίζει εἰς σπήτι μέσα. (S. 126.)
— ρπγ΄. Περὶ παιδίου βρέφους ἐὰν ἀποϑάνῃ ἀβάπτιστον ἐξ ἀμελείας τοῦ ἱερέως ἢ τῶν γονέων αὐτοῦ. (S. 126.)
— ρπδ΄. Περὶ ποῖα ἁμαρτήματα συγχωροῦνται μετὰ ϑάνατον διὰ τῶν λειτουργιῶν καὶ τῶν εὐχῶν καὶ ἐλεημοσυνῶν ὁποῦ γίνονται διὰ τοὺς ἀποϑαμένους. (S. 127.)
— ρπε΄. Ὅτι οὐ μόνον εἰς τοὺς ἀποϑαμένους εἶναι ὠφέλεια καὶ ἄφεσις ἁμαρτιῶν αἱ ϑεῖαι λειτουργίαι ἀλλὰ καὶ εἰς τοὺς ζῶντας. (S. 128.)
— ρπς΄. Περὶ τῶν διδομένων λειτουργιῶν διὰ τὰ σαραντάρια. (S. 129.)
— ρπζ΄. Περὶ τὸ τί εἶναι αἱ μερίδες καὶ ἂν εἶναι εὔλογον νὰ προσφέρονται διὰ γυναῖκας ὁποῦ ἔχουν ἄνδρας ἀσεβεῖς. (S. 130.)
— ρπη΄. Περὶ διατί μετὰ τὸν ϑάνατον τοῦ ἀνϑρώπου κάμνουν μνημόσυνα εἰς τὰς γ΄ καὶ ϑ΄ καὶ μ΄.
— ρπϑ΄. Περὶ ψυχῶν τῶν δικαίων καὶ τῶν ἁμαρτωλῶν ποῦ εὑρίσκονται τὴν σήμερον. (S. 132.)
— ρϙ΄. Περὶ ποίας ἡμέρας τοῦ χρόνου δὲν γίνονται μνημόσυνα. (S. 131.)
— ρϙα΄. Περὶ ἱερέως ὁποῦ νὰ λειτουργήσῃ καὶ χυϑοῦν τὰ ἅγια. (S. 133.)
— ρϙβ΄. Περὶ τῶν ἀφανισϑέντων τιμίων δώρων καὶ μὴ δυναμένων βρωϑῆναι. (S. 134.)
— ρϙε΄.[1]) Περὶ ἱερέως ὁποῦ λειτουργεῖ καὶ πέσει ὁ ἀστὴρ ἐκ τοῦ δίσκου. (S. 133.)
— ρϙς΄. Περὶ γυναικὸς μεμνηστευμένης ἐν ᾧ καὶ περὶ μνηστείας.
1. Συνόδου ς΄. ϙη΄.[2]) Ὁ ϙη΄ κανὼν τῆς ς΄ συνόδου λέγει ὅτι εἴ τις πάρῃ γυναῖκα ὁποῦ εἶναι ἀρραβωνιασμένη μετὰ ἄλλου ἀνδρὸς καὶ ζῇ ὁ ἀρραβωνιαστικὸς αὐτῆς, ὡς μοιχὸς κρίνεται αὐτὸς ὁποῦ τὴν ἐπῆρε. (S. 138, 1.)
2. Ἡ μνηστεία καὶ οἱ ἀρραβῶνες λέγουν οἱ νομοϑέται ὅτι εἶναι μνήμη καὶ ἐπαγγελία τῶν μελλόντων γάμων· καὶ ὡς γαμος τέλειος λογίζεται ἡ μνηστεία καὶ οἱ ἀρραβῶνες. ὅπου δὲ οὔτε μνηστεία οὔτε ἀρραβῶνες οὔτε σταυρικοὶ δεσμοὶ οὔτε φίλημα ἐπικολούϑησεν, ἀλλὰ μόνον οἱ λεγόμενοι διὰ ψιλῶν γραμμάτων δεσμοί, αὐτὴν τὴν γυναῖκα ἐὰν πάρῃ ἄλλος, οὐ λέγεται μοιχός. (S. 138, 2.)
— ρϙζ΄. Περὶ μνηστείας ὅτι νὰ εἶναι τὸ ἀρσενικὸν ιδ΄ χρόνων καὶ τὸ ϑηλυκὸν ιβ΄.
1. Νεαρὰ ἀλεξίου τοῦ κομνηνοῦ. = S. 139.
— ρϙη΄. Ὅτι μία γυνὴ ἔλαβεν εὐχὴν μνηστείας μετά τινος ἰωάννου καὶ ἐζήτησε διὰ τὸ εἶναι ἀνήλικος χωρισϑῆναι ἐξ αὐτοῦ καὶ λαβεῖν τὸν β΄ ἐξάδελφον αὐτοῦ.
1. = S. 141, 1. 2.
— ρϙϑ΄. Περὶ τοῦ ϑέλοντος ἱερωϑῆναι καὶ ἀποϑάνῃ ἡ ἀρραβωνιαστικὴ αὐτοῦ ἢ εἶναι ἔξω τοῦ νόμου ἡ μνηστεία.

---

1) Dieser Sprung in den Kapitelzahlen findet sich in der Handschrift.

2) Man vergleiche hiemit den Text bei Sgouta, um an diesem Beispiel zu erkennen, wie sich der Text in meiner Handschrift von dem in Sgouta's Ausgabe unterscheidet.

2. = S. 142, 2.

— σ΄. Περὶ ἀῤῥαβώνων μνηστείας ὁποῦ δοθοῦν καὶ μετανοήσῃ τὸ ἓν μέρος ἢ ἐὰν τελευτήσῃ τις τῶν μεμνηστευμένων ἢ γένῃ καλόγηρος.

1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 143, 1.

2. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 143, 2.

— σα΄. Περὶ φιλήματος μνηστήρων.

1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 143, 3.

— σβ΄. Ἀπὸ πόσας αἰτίας χωρίζονται οἱ ἀῤῥαβωνιασμένοι.

1.—5. = S. 145, 1—5.

6. Λέοντος τοῦ σοφοῦ. = S. 145, 6.

— σγ΄. Περὶ τῶν βαθμῶν τοῦ γάμου εἰς πόσους γίνονται τὰ συνοικέσια.

1. 2. Ματθαίου. = S. 146, 1—4.

— σδ΄. Διαίρεσις συγγενείας καὶ περὶ τῆς ἐξ αἵματος συγγενείας.

1. Ματθαίου. = S. 147, 1—4.

— σε΄. Περὶ τοῦ ἐξ αἵματος ἑβδόμου βαθμοῦ.

1.—4. Τοῦ αὐτοῦ. = S. 148, 1—3.

— σς΄. Περὶ τοῦ ἐξ αἵματος ὀγδόου βαθμοῦ ὅπως γίνεται.

1.—7. Τοῦ αὐτοῦ. = S. 148, 4—7.

— σζ΄. Περὶ τῶν ἐξ ἀγχιστείας καὶ ὅτι ἡ ἐξ ἀγχιστείας συγγένεια λέγεται ἀπὸ συμπενθερίαν.

1.—10. Ματθαίου. = S. 149, 1—3.

11. Λαμβάνει δὲ ὁ αὐτὸς ἀνὴρ τὴν θυγατέρα τῆς β΄ ἐξαδέλφης τῆς γυναικὸς αὐτοῦ.

— σή. Περὶ τοῦ θείου ὀνόματος ὅτι εἰς τρία λέγεται καὶ χωρίζει.

1.—39. = S. 150, 1—9.

— σθ΄. Περὶ τριγενείας.

1.—17. = S. 150, 10—23.

— σι΄. Περὶ υἱοθεσίας καὶ τοῦ ἁγίου βαπτίσματος.

1.—9. Ματθαίου. = S. 151, 1—8.

— σια΄. Περὶ τοῦ ἁγίου βαπτίσματος.

1.—3. Ματθαίου. = S. 151, 9—11.

— σιβ΄. Ἐρωτήσεις καὶ ἀποκρίσεις ἀναγκαῖαι περὶ τοῦ ἁγίου βαπτίσματος.

1. Συμεὼν θεσσαλονίκης. = S. 152, 1.

2.—6. Ἐρωτήθη ἐν τῇ ἡμέρᾳ τοῦ πατριάρχου κυροῦ ἰωάσαφ περὶ τοῦ ἁγίου βαπτίσματος. = S. 152, 4—8.

7. = S. 153, 1.

— σιγ΄. Ὅτι εἰς τοὺς γάμους νὰ βλέπωμεν καὶ τὸ εὐπρεπές.

1.—3. = S. 154, 1—3.

— σιδ΄. Περὶ βαθμῶν τῆς συγγενείας σύγγραμμα μιχαὴλ νομοφύλακος τοῦ χούμνου γεγονότος μητροπολίτου θεσσαλονίκης.

1. Τρεῖς τάξεις εἰσὶ τῶν κεκωλυμένων πρὸς γάμου κοινωνίαν.
2. Μία μὲν ἡ ἐκ τοῦ σωτηριώδους βαπτίσματος.
3. Δευτέρα ἡ ἐξ αἵματος συγγένεια κατὰ σάρκα γνωρίζεται.
4. Καὶ τρίτη ἡ ἐξ ἐπιγαμίας ἤγουν ἀπὸ διπλοσυμπεθερίας.
5. Καὶ ἡ μὲν τοῦ ἁγίου βαπτίσματος, μόνος ὁ ἀναδόχος κωλύεται ἐκ τῆς βαπτισθείσης θυγατρὸς αὐτοῦ καὶ τῆς μητρὸς αὐτῆς, καὶ ὁ υἱὸς τοῦ ἀναδόχου. τὰ δὲ ἄλλα πρόσωπα οὐ κωλύονται, οὔτε ἀδελφὸς οὔτε ἄλλος τις τούτων.
6. Ἐπὶ δὲ τῶν ἐξ αἵματος καὶ κατὰ σάρκα συγγενῶν κωλύονται πρῶτοι ἐξάδελφοι καὶ δεύτεροι.
7. Εἰ δὲ τρίτοι, εἰ μὲν ἐρωτήσωσι κωλύονται, εἰ δὲ φθάσωσι στεφανωθῆναι μὴ γινώσκοντες οὐ λύονται. οἱ πρῶτοι ἐξάδελφοι καὶ οἱ δεύτεροι μετὰ τὸ γενέσθαι λύονται ἀναμφιβόλως.
8. Εἰ δὲ τέταρτοι ἐξάδελφοι, ἀκωλύτως μνηστεύονται.
9. Ὁμοίως καὶ οἱ τρίτοι λαμβάνουσι τῶν τρίτων ἐξαδέλφων αὐτῶν τὰς θυγατέρας καὶ ἔστιν ἀκώλυτον· ἐνάτου γάρ ἐστι βαθμοῦ.
10. Δεῖ οὖν γινώσκειν, ὅτι ἕως οὐχ ὑπερβῇ τὸν ὄγδοον βαθμὸν, οὐ γίνεται μνηστεία ἐν τῇ κατὰ σάρκα συγγενείᾳ.
11. Ὁ δὲ ἐξ ἐπιγαμίας ἑβδόμου βαθμοῦ μνηστεύεται. βαθμοὶ γάρ εἰσιν αἱ γεννήσεις. ἑκάστη γέννησις ἕνα βαθμὸν ἀποτελεῖ. οἷον οἱ δύο ἀδελφοὶ δύο βαθμοί εἰσι. καὶ ἕως τοῦ ὀγδόου βαθμοῦ λύεται ἡ συγγένεια.
12. Περὶ δὲ τῶν ἐξ ἐπιγαμίας χρὴ γινώσκειν τοὺς βαθμοὺς καὶ ἀνέρχεσθαι ἕως τὸν ἕβδομον, καὶ ἐπέκεινα τοῦ ἑβδόμου βαθμοῦ γίνεται. ἀλλὰ καὶ αὐτοὶ οἱ τοῦ ἑβδόμου, καθὼς ἐν τῇ μεγάλῃ ἐκκλησίᾳ ἐψηφίσθη κατὰ τὸν συνοδικὸν τόμον. ἐστὶ δὲ ὁ ἕβδομος βαθμὸς οὕτως.
13. Θεῖος καὶ ἀνεψιὸς ἀδελφοῦ υἱὸς εἰσὶ τρίτου βαθμοῦ. πρῶται ἐξάδελφαι γυναῖκες ἄλλου γένους εἰσὶ τετάρτου βαθμοῦ. λαμβάνουσιν ὁ θεῖος καὶ ἀνεψιὸς τὰς πρώτας ἐξαδέλφας ἀκωλύτως.
14. Ὁμοίως πατὴρ καὶ υἱὸς λαμβάνουσι δευτέρας ἐξαδέλφας.
15. Ὡσαύτως πρῶτοι ἐξάδελφοι λαμβάνουσι πρώτας ἐξαδέλφας, διότι ὁ πατὴρ πρὸς τὸν υἱὸν εἶναι πρώτου βαθμοῦ, καὶ αἱ δεύτεραι ἐξάδελφαι ἕκτου, καὶ γίνονται ἑπτὰ βαθμοὶ καὶ οὐ κωλύονται.
16. Καὶ οἱ δύο πρῶτοι ἐξάδελφοι τετάρτου βαθμοῦ, ὁμοίως καὶ αἱ πρῶται ἐξάδελφαι, καὶ γίνονται ὀκτώ, καὶ εἶναι ἀκώλυτον.
17. Δεῖ γινώσκειν, ὅτι οἱ γονεῖς τοῦ γαμβροῦ καὶ τῆς νύμφης πρῶτοι συμπέθεροι λέγονται, τοῦ πρώτου ἐξαδέλφου αὐτῶν δεύτεροι, καὶ τοῦ δευτέρου ἐξαδέλφου τρίτοι συμπέθεροι λογίζονται.
18. Καὶ οἱ μὲν πρῶτοι συμπέθεροι οὐ λαμβάνωσι τὰς πρώτας συμπεθέρας. ἀπὸ δὲ τῶν τρίτων καὶ ἐπέκεινα μνηστεύονται.
19. Ἀλλ' οὐδὲ ἀδελφὰς ἢ πρώτας ἐξαδέλφας λαμβάνουσιν οἱ πρῶτοι συμπέθεροι· ἴσον γάρ ἀδελφῶν καὶ πρώτων ἐξαδέλφων τόπον ἔχουσιν οἱ δεύτεροι συμπέθεροι, πρὸς δευτέρας καὶ τρίτους ἐπέκεινα μνηστεύονται.

σιέ. Περὶ κεκωλυμένων γάμων.

1. Καὶ ἐπὶ μὲν τῶν κεκωλυμένων ἤγουν τοῦ ἁγίου καὶ σωτηριώδους βαπτίσματος κωλύονται μόνος ὁ ἀναδόχος ἐκ τῆς ἀναδεχθῆς καὶ τῆς μητρὸς αὐτῆς καὶ ὁ υἱὸς αὐτοῦ. οἱ δὲ λοιποὶ συγγενεῖς πρὸς τῆς παιδὸς τῆς ἀναδόχου οὐ κωλύονται.

σιέ. Περὶ γάμων ἐπιτετραμμένων καὶ κεκωλυμένων, πρώτου καὶ δευτέρου, ἐγγράφου καὶ ἀγράφου.

1. Συνίσταται γάμος χριστιανῶν εἴτε ἐγγράφως εἴτε ἀγράφως μεταξὺ ἀνδρὸς καὶ γυναικὸς τοῦ εἶναι τὴν ἡλικίαν πρὸς τὴν συνάφειαν ἡρμοσμένην, τοῦ μὲν ἀνδρὸς ἀπὸ ιε΄ χρόνου, τῆς δὲ γυναικὸς ἀπὸ ιγ΄, ἀμφοτέρων θελόντων μετὰ τῆς τῶν γεννητόρων συνέσεως.

2. Κωλύονται δὲ ὅσοι ἐκ τοῦ ἁγίου καὶ σωτηριώδους βαπτίσματος ἀλλήλοις προσηνώθησαν, τουτέστιν ὁ ἀναδόχος ἐκ τῆς ἀναδεχθῆς καὶ τῆς μητρὸς αὐτῆς, ὡσαύτως καὶ ὁ υἱὸς αὐτοῦ ἐξ αὐτῶν.

3. Καὶ ὅσοι ἐξ αἵματος συγγενεῖς γνωρίζονται ἀλλήλων, τουτέστι γονεῖς πρὸς τέκνα, ἀδελφοὶ πρὸς ἀδελφὰς καὶ τὰ τούτων τέκνα, οἱ λεγόμενοι ἐξάδελφοι, καὶ οἱ ἐξ αὐτῶν τικτόμενοι παῖδες μόνον.

4. Καὶ οἱ ἐξ ἐπιγαμίας γνωριζόμενοι συγγενεῖς, πατρωὸς εἰς προγονήν, πενθερὸς πρὸς νύμφην, προγονὸς πρὸς μητρυιάν, ἀδελφὸς πρὸς νύμφην ἤγουν γυναῖκα ἀδελφοῦ.

5. Ὁμοίως πατὴρ καὶ υἱὸς πρὸς μητέρα καὶ θυγατέρα, δύο ἀδελφοὶ εἰς δύο ἀδελφάς. ἐπὶ τούτοις ἅπασι τοῖς προσώποις μηδεμία μνηστεία γνωρίζέσθω.

σιϛ΄. Τὰ τῶν γάμων γράμματα ἤτοι σχέδια.

1. sqq. = S. 155.

σιϛ΄.[1]) Διὰ πόσας αἰτίας χωρίζονται οἱ ἀρραβωνιασμένοι. ζήτει ἐν κεφ. σγ΄ (σβ΄?) περὶ λωβοῦ ἀνδρὸς ἢ γυναικός.

1. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 174, 1.

2. = S. 174, 3.

3. Ἂν λείψῃ ὁ ἄνδρας εἰς τὴν ξενειτίαν χρόνους ἑ καὶ δὲν στείλῃ εἰς τὴν γυναῖκα του, οὔτε γράμμα οὔτε ἔξοδον, νὰ ἔχῃ ἄδειαν ἡ γυνὴ νὰ χωρίσεται νὰ πέρνῃ ἄλλον ἄνδρα.

σκ΄. Περὶ χωρίσεως γάμων καὶ τὰς αἰτίας τῆς γυναικός.

1. Ματθαίου. = S. 164, 1.

2—8. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 164, 2—8.

σκα΄. Αἱ αἰτίαι τοῦ ἀνδρὸς ὁποῦ τὸν χωρίζεται ἡ γυναῖκα καὶ πέρνει τὴν προῖκα της καὶ τὴν προγάμου δωρεάν.

1—6. = S. 165, 1—6.

σκβ΄. Λύσις γάμου ὅταν ὁ ἄνδρας δὲν εὑρίσκεται σαρκικῶς μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ.

1. = S. 166, 1.

σκγ΄. Λύσις γάμου ὅταν ὁ ἄνδρας δὲν εὕρῃ τὴν γυναῖκα παρθένον.

1. Ματθαίου = S. 167, 1.

---

1) Diesen Sprung in den Zahlen macht die HS.

σκδ΄. Περὶ γυναικὸς ἐὰν δείβῃ τὸν ἄνδρα αὐτῆς.
1. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 169, 1.
σκε΄. Περὶ ἀνδρὸς ἐὰν ληστεύῃ ἢ κλέψῃ ἀπὸ ἐκκλησίαν.
1. 2. Τῶν αὐτῶν βασιλέων. = S. 170, 1, 2.
σκς΄. Περὶ αἰχμαλώτου ἀνδρὸς ἢ γυναικός.
1. = S. 171, 1.
2. Ὁμοίως καὶ ἡ γυναῖκα ὁποῦ σκλαβωϑῇ καὶ τὴν μιάνουν, νὰ μὴν τὴν χωρίζεται ὁ ἄνδρας της. (vgl. S. 172.)
σκζ΄. Περὶ γυναικὸς ὁποῦ νὰ μησεύσῃ ὁ ἄνδρας της ἢ σκλαβωϑῇ ἢ ὑπάγῃ εἰς φουσάτον καὶ γένῃ ἀφανὴς καὶ αὐτὴ ϑέλει νὰ ὑπανδρευϑῇ.
1. Τοῦ μεγάλου βασιλείου λα΄. = S. 185, 1.
2. 3. = S. 185, 2. 3.
4. = S. 185, 5.
σκη΄. Περὶ ἀνδρὸς ὁποῦ διώξει τὴν γυναῖκα του καὶ τὴν μοιχεύσουν.
1. = S. 173, 1.
σκϑ΄. Περὶ ἐὰν ὑπάγῃ τὶς εἰς ἄλλον τόπον καὶ πάρῃ ἐκεῖ παλλακίδα ἢ δὲν στείλῃ ἔξοδον τῆς γυναικὸς αὐτοῦ.
1. Νικήτα ἡρακλείας. = S. 184, 1.
2. = S. 184, 2.
σλ΄. Περὶ ἀνδρὸς ὁποῦ εὑρίσκεται μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ εἰς τὸ παραφύσιν.
1. Τῶν ϑείων διδασκάλων. = S. 180, 1.
σλα΄. Περὶ γυναικὸς ὁποῦ δαιμονίζεται καὶ ϑέλει νὰ τὴν χωρίσῃ ὁ ἄνδρας της.
1. Νεαρὰ λέοντος τοῦ σοφοῦ. = S. 182, 1.
σλβ΄. Περὶ τοῦ πάϑους τῶν σεληνιαζομένων.
1. = S. 183, 1.
σλγ΄. Περὶ τῆς υἱοϑεσίας τὴν συγγένειαν.
1. Ματϑαίου. = S. 176, 1.
σλδ΄. Περὶ ἐκείνου ὁποῦ χωρισϑῇ τὴν γυναῖκα του ἀπὸ αἰτίαν ἄλλης γυναικός.
1. = S. 186, 1.
2. = S. 185, 7.
σλε΄. Περὶ γυναικὸς ὁποῦ χηρεύσῃ καὶ πανδρευϑῇ τῷ χρόνῳ ἐκείνῳ.
1. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 194, 1.
2. = S. 194, 2.
σλς΄. Περὶ γυναικὸς ὁποῦ χηρεύσει καὶ πανδρευϑῇ.
1. Νεαρὰ λέοντος τοῦ σοφοῦ. = S. 195, 1.
2. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 195, 2. 3.
σλζ΄. Περὶ γυναικὸς ὁποῦ χηρεύσει καὶ δὲν ὑπανδρευϑῇ τί πέρνει ἀπὸ τὰ πράγματα τοῦ ἀνδρός της, ὁμοίως καὶ ὁ ἄνδρας.
1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 197, 1.

2. = S. 197, 2.

3. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 197, 3.

σλή. Περὶ προικὸς τετιμημένης καὶ ἀτιμήτου καὶ περὶ ἐξωπροίκων.

1. Ματθαίου. = S. 198, 1.

2—7. = S. 198, 2. 3. 4. 5. 6. 7.

σλθ'. Ὅτι ἡ γυνὴ προτιμᾶται παντὸς δανειστοῦ κἂν σέβη ἐγγυήτρια διὰ τὸν ἄνδρα της νὰ πέρνῃ αὐτὴ πρῶτον τὴν προῖκα της.

1. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 199, 1.

2. 3. = S. 199, 2. 3.

σμ'. Περὶ ἀνδρὸς ὁποῦ κάμῃ ἔξοδον εἰς τὸν θάνατον τῆς γυναικὸς αὐτοῦ.

1. Ματθαίου. = S. 200, 1.

σμα'. Περὶ προτιμήσεως προικὸς πρώτης καὶ δευτέρας.

1. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 201, 1.

σμβ'. Περὶ συμφώνου ἀνδρὸς καὶ γυναικὸς καὶ δωρεᾶς ὁποῦ γένῃ ἀνάμεσόν τους.

1. Ματθαίου. = S. 202, 1.

2. 3. = S. 202, 2. 3.

4. 5. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 202, 4. 5.

σμγ'. Περὶ προγαμιαίων δωρεῶν.

1—3. Τῶν αὐτῶν βασιλέων. = S. 203, 1—3.

σμδ'. Περὶ δωρεῶν καὶ ἀνατροπῆς δωρεῶν.

1—5. = S. 204, 1—5.

σμε'. Περὶ ἀνδρὸς καὶ γυναικὸς ἐὰν ἀποθάνῃ ὁ ἄνδρας ἢ ἡ γυνὴ χωρὶς παιδὶ ἢ κάμουν καὶ ἀποθάνῃ πῶς νὰ μοιρασθοῦν τὰ ὑπάρχοντα αὐτῶν.

1. Ἀθανασίου πατριάρχου καὶ ἀνδρονίκου βασιλέως. = S. 205, 1.

2. = S. 205, 2.

3. Ἀθανασίου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως εἰς τὴν ἄνωθεν νεαράν. Ἡ ἄνωθεν ὑπόθεσις οὕτω κρίνεται παρὰ τοῦ κοινοῦ δεσπότου τοῦ οἰκουμενικοῦ πατριάρχου καὶ τῆς ἱερᾶς αὐτοῦ συνόδου, ὅτι εἰ μὲν ἡ γυνὴ ἀποθάνῃ καὶ ἀφήσῃ παιδὶ καὶ εἰς ὀλίγον καιρὸν ἀποθάνῃ καὶ τὸ παιδί, κληρονομεῖ ὁ πατὴρ τοῦ παιδίου τὸ τρίτον τῆς προικὸς κατὰ τὴν ἄνωθεν νεαράν. εἰ δὲ ἀποθάνῃ ἄτεκνος ἡ γυνή, δὲν πέρνει ὁ ἄνδρας ἀπὸ τὴν προῖκα τῆς γυναικὸς τίποτε, πλὴν τὸ κρεβατοστρόσιον ἀπὸ διακρίσεως καὶ τὰς προγαμιαίας δωρεὰς ὁποῦ ἔδωκεν τῇ γυναικὶ αὐτοῦ, καὶ τοῦτο κατὰ συνήθειαν.

4. Ὁμοίως καὶ οἱ κληρονόμοι τῆς γυναικὸς λαμβάνουσιν ἀπὸ τὸν ἄνδρα τὰς προγαμιαίας δωρεὰς ὁποῦ τοῦ ἔδωκαν καὶ μένουσι τὰ μέρη ἀζύμια.

σμς'. Περὶ προτιμήσεως κληρονομίας καὶ περὶ πάππου ἐὰν ἀφήσῃ υἱοὺς καὶ ἐγγόνους.

1. 2. Ματθαίου. = S. 206, 1. 2.

σμζ'. Περὶ τοῦ ἀποθανόντος χωρὶς διαθήκης καὶ μὴ ἔχοντος παῖδας, μόνον γονεῖς καὶ ἀδελφούς.

1. 2. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 207, 1. 2.

σμή. Περὶ τοῦ ἀποθανόντος ὁποῦ ἔχει ἀδελφὸν ἀπὸ δύο μητέρας καὶ ἀνεψιοὺς ὁποῦ ἦτον μὲ τὸν πατέρα τους ἀπὸ ἕνα πατέρα καὶ μίαν μητέρα ποῖοι τὸν κληρονομοῦν.

1. Ματθαίου. = S. 208, 1.

σμθ. Περὶ συνεισφορᾶς ἤγουν ἐὰν ἔδωκεν ὁ πατὴρ τῆς θυγατρὸς αὐτοῦ προῖκα καὶ ἐκαμαν νὰ μὴν πάρῃ πλέον ἀπὸ τὰ πράγματα αὐτοῦ.

1. Ματθαίου. = S. 210, 1, 2.

2. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 210, 3.

σν. Περὶ ποῖα παιδία λέγονται αὐτεξούσια καὶ ποῖα ὑπεξούσια.

1—3. = S. 211, 1. 2.

σνα. Περὶ συνεισφορᾶς υἱῶν καὶ θυγατέρων ὁποῦ ἐπῆραν ἐκ τοῦ πατρὸς αὐτῶν τὸ μερτικόν τους καὶ ἀποθανόντος αὐτοῦ πάλιν γυρεύουν.

1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 212, 1.

σνβ. Περὶ τοῦ ἔχοντος λάβει κληρονομίαν ἕως πόσους χρόνους νὰ ἀκούεται καὶ περὶ χρέους ἕως πόσους χρόνους νὰ γυρεύεται.

1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 213, 1.

2. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 213, 1.

3. = S. 213, 3.

σνγ. Περὶ τῶν αἰτιῶν ὁποῦ κάμνουν οἱ γονεῖς τὰ παιδία τους ἀπόκληρα τῶν πραγμάτων αὐτῶν, καὶ περὶ υἱοῦ ἐὰν πανδρευθῇ χωρὶς θέλημα τοῦ πατρὸς αὐτοῦ.

1—9. = S. 216, 1—8.

10. Κωνσταντίνου λέοντος καὶ βασιλείου τῶν βασιλέων. = S. 216, 10.

σνδ. Περὶ διαθήκης εἰς πόσους χρόνους ἔχει ἄδειαν τὸ ἀρσενικὸν ἢ τὸ θηλυκὸν νὰ κάμῃ καὶ πόσοι μάρτυρες νὰ εἶναι.

1. Ματθαίου. = S. 217, 1.

2—6. = S. 217, 2—6.

σνε. Περὶ ἀδελφῶν ἐὰν ἔχουν τὰ πράγματά τους ἀμοίραστα.

1. Κωνσταντίνου καὶ λέοντος τῶν βασιλέων. = S. 217, 7.

2. Λέοντος τοῦ σοφοῦ. = S. 217, 8.

3. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 217, 9.

σνς. Περὶ κωδικέλλου.

1. Τοῦ αὐτοῦ. = S. 217, 10.

σνζ. Περὶ διαθήκης ὑπεξουσίων.

1. = S. 218, 1.

σνη. Περὶ λεγάτου.

1. 2. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 218, 2. 3.

3. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 218, 4.

σνθ. Περὶ ἐπιτρόπων καὶ περὶ ἡλικίας τῶν ἀνήβων καὶ τῶν ἀμφηλίκων.

1—3. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 219, 1—3.
4. Ματθαίου. = S. 219, 4.
5. Συνόδου δ' τρίτος. = S. 219, 5.
6. Τοῦ ἀρμενοπούλου· = S. 219, 6.

σξ'. Περὶ παρακαταθήκης.
1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 220, 1.
2. Ματθαίου. = S. 220, 2.

σξα'. Περὶ ἀποφάσεως αἱρετῶν κριτῶν.
1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 221, 1. 2.

σξβ'. Περὶ συμφώνου.
1—3. = S. 221, 3—5.
4. Λέοντος τοῦ σοφοῦ. = S. 221, 6.
5. = S. 221, 7.

σξγ'. Περὶ ὅρκου.
1. 2. Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων. = S. 223, 1. 2.
3. = S. 223, 3.
4. Ἀρμενοπούλου. = S. 223, 4.
5. Ματθαίου. = S. 223, 5.
6. Τῶν βασιλέων. = S. 223, 6.
7. Γρηγορίου τοῦ θεολόγου. = S. 223, 10. 11.

σξδ'. Περὶ παιδίων ὅτι νὰ τρέφωσι τοὺς γονεῖς αὐτῶν.
1. Τοῦ ἀρμενοπούλου. = S. 224, 1.

σξε'. Περὶ γεωργοῦ ἐὰν ἐργάσῃ χωράφιον ξένον.
1. Ἰουστινιανοῦ βασιλέως. = S. 225, 1.

σξς'. Περὶ τοῦ λαβόντος ἄλογον μετὰ ἀγωγίου καὶ φορτώσει αὐτὸ βαρέως.
1. 2. = S. 226, 1. 2.

σξζ'. Περὶ τοῦ λαβόντος ἀμπέλιον ἢ χωράφιον μεσιακὸν καὶ περὶ ἐκείνου ὁποῦ κάμῃ ἔξοδον εἰς ξένον πρᾶγμα.
1. Ἰουστινιανοῦ βασιλέως. = S. 227, 1.
2. = S. 227, 2.

σξη'. Περὶ τοῦ θείου πάσχα ἕως πότε ἀναβαίνει καὶ καταβαίνει.
1. = S. 228, 2.

σξθ'. Περὶ τῆς νηστείας τῶν ἁγίων ἀποστόλων πόσαι ἡμέραι εἰσίν.
1. = S. 228, 3.

σό'. Ὅτι ὁ κόσμος ὑπὸ τεσσάρων στοιχείων ἵσταται, ὁμοίως καὶ ὁ ἄνθρωπος.
Ὁ κόσμος ὑπὸ τεσσάρων κτλ.

σοα Περὶ ψυχῆς ἐν ποίῳ μέρει τοῦ σώματος εὑρίσκεται.
Ἰωάννου τοῦ δαμασκηνοῦ. Ἡ ψυχὴ τοῦ ἀνθρώπου κτλ.

σοβ'. Περὶ τοῦ κυρίου ἡμῶν Ἰησοῦ χριστοῦ ἐν ποίῳ καιρῷ καὶ μηνὶ καὶ ὥρᾳ ἐσταυρώθη.
Εἰς τὰς ἑφλδ' χρόνους ἀπὸ κτίσεως κόσμου κτλ.

σογ'. Περὶ ὅτι ἑπτὰ ἡλικίας ἔχει ὁ ἄνθρωπος καὶ ποῖαι εἶναι καὶ πῶς καλοῦνται.
Βρέφος λέγεται κτλ.

σοδ'. Πόθεν βλέπομεν τινὰς δικαίους ἀνθρώπους καὶ κρίνονται ψυχομαχοῦντες πολλὰς ἡμέρας καὶ πολλοὶ ἁμαρτωλοὶ ἀποθένουν ἐντῷ ἅμα εἰρηνικῶς καὶ ἀταράχως.
Ἀναστασίου σινᾶ. Ἀδύνατον εἶναι νὰ ἠξεύρῃ κανὴς κτλ.

σοε'. Περὶ ὁραμάτων ποῖα εἶναι ἀληθῆ καὶ ποῖα εἶναι ψευδῆ.
Τοῦ αὐτοῦ. Ἔρχονται πολλὰ ὁράματα κτλ.

σος'. Περὶ ὀνομάτων τῶν θείων διδασκάλων καὶ βασιλέων τῶν ἐν τῷ παρόντι βιβλίῳ τῶν βουλομένων θεάσασθαι αὐτά.
Τοὺς κανόνας οὓς ἐγράψαμεν ἐν τῷ παρόντι τοῦ νόμου βιβλίῳ εἴτινες εἰσὶ μέρος ἐκ τῶν ἱερῶν καὶ θείων κανόνων τῶν τε ἁγίων καὶ πανευφήμων ἀποστόλων καὶ ἐκ τῶν ἱερῶν ἁγίων συνόδων. ἐξηγήθησαν δὲ παρὰ τῶν μακαρίων καὶ σοφωτάτων ἀνδρῶν τοῦ τε μοναχοῦ κυροῦ ἰωάννου τοῦ ζωναρᾶ κτλ.

II.

Der von Cotelerius herausgegebene Nomokanon.

J. B. Cotelerius hat im ersten Bande der Ecclesiae graecae monumenta (Paris, 1677) p. 68—158 aus einer Handschrift der K. Bibliothek zu Paris, welche damals die Nummer 2664 hatte, eine Compilation in 547 Kapiteln unter dem Titel:

Ἀρχὴ σὺν θεῷ νομοκανόνος.

Κανόνες τῶν ἁγίων ἀποστόλων καὶ τῶν ἑπτὰ οἰκουμενικῶν συνόδων περὶ ἀρχιερέων, ἱερέων, μοναχῶν μεγασχήμων καὶ ἄλλων μοναχῶν, καὶ λαϊκῶν

herausgegeben. Sie hebt an mit Auszügen aus den Constitutiones Apostolicae. Kap. 1 beginnt: Ἐγὼ ὁ πέτρος καὶ παῦλος διατάσσομεν τοῖς δούλοις ἐργάζεσθαι τὰς ἓξ ἡμέρας κτλ. Das Kap. 547 lautet: Ὁ παραυλακίζων, ὁ παραθερίζων, ὁ παρακαμπανίζων, ὁ ἐξασπέρων ἑτέρου χωράφιον καὶ ὁ μαυλίζων ἐπιτιμάσθωσαν χρόνους ἡ'. In den Anmerkungen p. 725 wird die Compilation mit folgenden Worten charakterisirt: Imperfecta haec, incondita, insulsa recentioris Graeciae farrago magis quam Sylloge, imperite nescio quo auctore composita, imperitius a notario ignarissimo exarata, Grammatica constructione plerumque carens, plura denique supprimens quam exprimens etc. Von literargeschichtlicher Bedeutung ist diese Compilation jedenfalls nicht: sie ist mir in den zahlreichen von mir eingesehenen Handschriften nirgends aufgestossen. Ueber die Zeit, welcher sie angehört, wage ich keine Ver-

muthung zu äussern. Auffallende Sätze kommen mehrfach vor: so Bestimmungen über Dreitheilung des Nachlasses (die sogenannte τριμοιρία) in c. 138 und 457, über die Fristen der redhibitorischen Klage in c. 215 und 216, endlich der Satz in c. 470, dass wer eine Jungfrau nothzüchtigt 36 Nomismata an dieselbe, oder wenn er sie heirathet, 1 Nomisma an den Fiscus zahlen soll.

III.

Der von Pawloff herausgegebene Nomokanon.

Eine andere Compilation dieser Art in 228 Kapiteln hat A. Pawloff zu Odessa 1872 herausgegeben. Sie führt hier den Titel Συνοδικοὶ καὶ ἀποστολικοὶ κανόνες καὶ τοῦ μεγάλου βασιλείου. Kap. 1 lautet: Ὁ χειροτονῶν ὑπὲρ ἐνορίας σὺν τῷ χειροτονουμένῳ καθαιρείσθω κατὰ τὸν λέ κανόνα τῶν ἁγίων ἀποστόλων. Kap. 228 beginnt: Ἰστέον καὶ τοῦτο ὅτι ὀφείλουσιν οἱ ὀρθῶς βιοῦντες und schliesst τὸ προσφάγιον δὲν τὸ κρατοῦν. — Ganz dieselbe Compilation befindet sich im Cod. M. b. 25 der Tübinger Universitätsbibliothek. Ueber diese HS, in welcher verschiedene Stücke verschiedener Schreiber aus dem 15 und 16 Jahrhunderte zusammengebunden sind, wird auf fol. 9 berichtet: «Donavit mihi Martino Crusio Tybingae 18 Jul. 1597 hunc librum ὁ ὁσιώτατος κύριος συμεὼν calogerus ex monasterio τοῦ ἁγίου ὁσιομάρτυρος παρασκευῆς (?) in Chimara regione Macedoniae». Auf fol. 58—147 steht der von Pawloff herausgegebene Nomokanon mit geringen Abweichungen: die Kapitel 59—64, welche περὶ μαλακίας handeln, hat der Schreiber — vielleicht aus Schuldbewusstsein — ausgelassen, eine spätere Hand hat sie auf fol. 149—152 nachgetragen. — Da in diesem Nomokanon einerseits das Handbuch κατὰ στοιχεῖον des Mathaeus Blastares vom Jahre 1335 vielfach benutzt ist, andererseits aber die Tübinger Handschrift dem Ende des 15. Jahrhunderts angehört, so wird wohl die Zeit der Abfassung in das Ende des 14. oder den Anfang des 15. Jahrhunderts zu setzen sein.

IV.

Verschiedene Kanonaria.

Die von mir besuchten Bibliotheken griechischer Klöster und Schulen, des Patriarchats von Jerusalem (τοῦ ἁγίου τάφου in Konstantinopel) und einiger Metropolen, über welche ich theils in meiner «Reise in den Orient. Heidelberg, 1840» theils in meinen Ἀνέκδοτα (Lipsiae 1843) berichtet habe, enthalten zahlreiche hieher gehörige νομοκάνονα oder κανο-

νάρια. Dieselben kommen zum Theil nur vereinzelt vor, zum Theil finden sie sich in zahlreichen Handschriften und an verschiedenen Orten. Zu jenen gehört z. B. eine Compilation, als deren Verfasser Μακάριος ἱερομόναχος genannt ist, und deren erstes Kapitel die Ueberschrift Περὶ τῶν ἀρνηξέντων τὸν χριστὸν ἑκουσίως ἢ ἀκουσίως, das letzte (231-ste) aber die Ueberschrift führt Περὶ μελλόντων χειροτονηξῆναι κεφάλαια διάφορα — ich habe sie im Kloster τῆς λαύρας und τοῦ δοχειαρίου auf dem Athos gesehen —, und eine ähnliche Compilation in der Bibliothek des heiligen Grabes in 276 Kapiteln, deren erstes die Rubrik hat Περὶ ἡμῶν τῶν χριστιανῶν ὅταν προσκυνοῦμεν κτλ. — Häufiger habe ich angetroffen ein kleines für die Beichtiger bestimmtes Handbuch bald in 173 bald in 300 Kapiteln, deren erstes die Ueberschrift führt Περὶ τοῦ πῶς δεῖ ὑπάρχειν τὸν πνευματικόν, und ferner ein Handbuch, welches von Rechten und Pflichten der Geistlichen, Mönche und Laien handelt. Ueber die Zeit, in welcher die Abfassung dieser Κανονάρια fällt, wage ich eine bestimmte Behauptung nicht aufzustellen. Ich bemerke nur, dass wenigstens die beiden Letzten in der Schriftsprache geschrieben sind, so dass sie kaum jünger sind als der Anfang des 15. Jahrhunderts.

V.

Ein νομοκάνονον πλουσιώτατον.

Aus diesen und ähnlichen Büchlein ist später ein Νομοκάνονον πλουσιώτατον zusammengesetzt worden, über welches ich näheren Bericht erstatten will. In einer mir vorliegenden Handschrift folgt es auf das Handbuch des Malaxus und zwar in der Art, dass die Kapitelzahlen desselben fortgezählt werden. Die einzelnen Kapitel haben besondere Ueberschriften und bestehen bald aus einem einzigen bald aus mehreren Paragraphen. Zuweilen fehlt eine Ueberschrift im Texte: ich habe sie in diesen Fällen in dem nachfolgenden Inhaltsverzeichnisse aus dem der Handschrift voranstehenden πίναξ ergänzt, jedoch in rechtwinklichte Klammern gesetzt. Die einzelnen Paragraphen eines Kapitels sind zuweilen mit einer Quellenangabe versehen: diese Quellenangaben habe ich den Rubriken der Kapitel in gewöhnlichen Parenthesen hinzugefügt. Endlich bemerke ich, dass fast der ganze von Pawloff herausgegebene Nomokanon obwohl in anderer Ordnung sich in diesem Nomokanon wieder findet: die entsprechenden Stellen bei Pawloff habe ich neben den Rubriken angemerkt. Es hat nun also der vervollständigte Nomokanon in der gedachten Handschrift folgende Gestalt:

Νομοκάνονον πάνυ πλουσιώτατον ἐκλελεγμένον ἀπὸ πολλῶν Θεοφόρων πατέρων.

1. σοζ΄. Περὶ πνευματικοῦ πῶς κάμνει χρεία νὰ εἶναι. (Τοῦ νηστευτοῦ.)
2. σοη΄. Περὶ πνευματικοῦ ὅπως νὰ ἔχῃ τόπον ἱερὸν διὰ τοὺς ἐξομολογουμένους καὶ τί νὰ λέγῃ πρὸς αὐτούς (Συμεὼν Θεσσαλονίκης.)
3. σοϑ΄. Περὶ πῶς δεῖ τοὺς πνευματικοὺς οἰκονομεῖν τοὺς εἰς αὐτοὺς ἐξομολογουμένους. (Ματθαίου.)
4. σπ΄. Ἐρώτησις τοῦ ἁγιωτάτου πατριάρχου ἀλεξανδρείας κυροῦ μάρκου καὶ ἀπόκρισις τοῦ ἁγιωτάτου πατριάρχου ἀντιοχείας Θεοδώρου τοῦ βαλσαμῶνος.
5. σπα΄. Κανόνες ἀποστολικοὶ καὶ συνοδικοὶ καὶ τῶν ἁγίων βασιλείου καὶ ἑτέρων ἁγίων νεωστὶ συντεθέντες καὶ συναθροισθέντες ἐκ διαφόρων νομίμων καὶ . . . . . ἑκάστου καὶ βαθμοῦ διὰ τὸ ἀτεχνῶς καὶ εὐκόλως εὑρίσκεσθαι. πρῶτον δὲ δεῖ εἰπεῖν περὶ πνευματικοῦ πῶς χρὴ αὐτὸν τὰ ἐπιτίμια ἐπάγειν τοῖς ἐξομολογουμένοις, καὶ περὶ τῶν τρόπων τῶν ἐξαγγελλόντων, εἶτα περὶ τῶν λοιπῶν. (Τοῦ χρυσοστόμου. — Σωφρονίου ἱεροσολύμων. — Συνόδου ς΄ κανὼν ρβ΄.)
6. σπβ΄. Ὅτι ὅσοι ἐξαγορεύονται ἐκ προαιρέσεως καὶ ὁμολογοῦσιν ἐκκοπὴν τοῦ κακοῦ, ὀφείλει ὁ πνευματικὸς ἐλαφροτέρως κανονίζειν. (Νικηφόρου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως κανὼν κή.)
7. σπγ΄. Περὶ τοῦ μέλλοντος ἐξομολογήσασθαι ὅτι δεῖ ζητεῖν ἔμπειρον πνευματικόν. (Τοῦ νηστευτοῦ.)
8. σπδ΄. Περὶ ποῖοι λέγονται κυρίως καὶ ἀληθῶς πνευματικοί. Pawloff[1]) 119b.
9. σπε΄. [Περὶ πνευματικοῦ ὅτι ἄλλου πνευματικοῦ κρίσιν λῦσαι ἢ δῆσαι ἐξουσίαν οὐκ ἔχει.] P. 119a.
10. σπς΄. [Περὶ τοῦ ἐξομολογήσαντος χωρὶς ἐνταλτηρίου τοῦ κατὰ τόπον ἀρχιερέως.]
11. σπζ΄. [Περὶ τοῦ μὴ ζητεῖν τὸν πνευματικὸν λαβεῖν τι παρὰ τῶν ἐξομολογουμένων.] P. 189b.
12. σπη΄. [Περὶ πνευματικοῦ τοῦ ὁμολογήσαντος τὴν ἁμαρτίαν τοῦ ἐξομολογησαμένου.] P. 120.
13. σπϑ΄. [Περὶ τῶν στεργόντων καὶ μὴ στεργόντων τὸν κανόνα τοῦ πνευματικοῦ αὐτῶν.] P. 188. 189. 190.
14. σ┴΄. Περὶ τοῦ πόσων χρόνων δεῖ ἐξομολογῆσθαι τοὺς ἄρρενας παῖδας καὶ τὰς θηλύας. P. 191.
15. σ┴α΄. Περὶ τοῦ μὴ αἰσχύνασθαι λέγειν τὶς τὰς ἁμαρτίας αὐτοῦ πνευματικῷ πατρί. (Τοῦ χρυσοστόμου. — Συμεὼν Θεσσαλονίκης.)
16. σ┴β΄. Περὶ ἐξομολογήσεως . . . . . κοῦ τί ὠφέλειαν λαμβάνει ὁ ἄνθρωπος.
17. σ┴γ΄. Περὶ τοῦ χρονευτηρίου καὶ τοῦ ὕδατος τοῦ ἁγίου βαπτίσματος. P. 199.
18. σ┴δ΄. Περὶ τῆς θείας προσκομιδῆς καὶ τῶν ἁγίων προσφορῶν τῆς θείας λειτουργίας. P. 213

---

1) So sollen hier und im Folgenden die entsprechenden Kapitel in dem von Pawloff herausgegebenen Nomokanon citirt werden.

19. σϟε΄. Περὶ ἱερέως ἐὰν συμβῇ μὴ γενέσθαι ἕνωσιν ἐκ λήθης αὐτοῦ. (Συμεὼν Θεσσαλονίκης. Τοῦ αὐτοῦ εἰ συμβῇ χυθῆναι τὰ ἅγια . . . . . .)

20. σϟς΄. [Ἐὰν χύσῃ ὁ ἱερεὺς πρὸ τῆς εἰσόδου τὰ ἅγια ἢ μετὰ τὴν εἴσοδον.] (Ἰωάννου ἐπισκόπου κύτρους. P. 158. — Ἐρώτησις κυροῦ μάρκου ἀλεξανδρείας und ἀπόκρισις κυροῦ Θεοδώρου ἀντιοχείας.)

21. σϟζ΄. Ἐρώτησις. Ἐὰν πέσῃ ἑρπετὸν εἰς τὸ ἅγιον ποτήριον λειτουργῶν τί δεῖ ποιῆσαι ὁ ἱερεύς.

22. σϟή. Ἐρώτησις. Ἐὰν ἐξ ἀμελείας τοῦ ἱερέως ἔφαγε κύων ἢ ἕτερον ἑρπετὸν τὸν ἀμνὸν τί ὀφείλει ποιῆσαι ὁ ἱερεύς.

23. σϟϑ΄. [Ἐὰν ὑπὸ μυῶν ἢ κυνῶν ἀναλωθῶσιν οἱ προηγιασμένοι ἄρτοι.] (Τοῦ ἁρμενοπούλου.)

24. τ΄. [Περὶ ἐὰν δύναταί τις μετὰ ὄξους λειτουργῆσαι.] (Ἐρώτησις. — Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως κανὼν ιβ΄. — Ἐρώτησις.)

25. τα΄. [Ὅτι οὐ δύναταί τις μετὰ μιᾶς προσφορᾶς καὶ κλάσματος ἄρτου λειτουργῆσαι.] (Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως. — Ἐρώτησις.)

26. τβ΄. [Περὶ ἱεροδιακόνου εἰ χρὴ ἐπαίρειν ἐφ᾽ ἑαυτοῦ μερίδας ἐν τῇ ἁγίᾳ προσκομιδῇ.] P. 214.

27. τγ΄. [Περὶ ὅτι οὐκ εὐλογεῖ ὁ ἱερεὺς ἐν τῷ λέγειν αὐτὸν τὴν εὐχὴν τῆς προθέσεως.] P. 215.

28. τδ΄. Περὶ τοῦ ἀντιδώρου, διὰ τί λαμβάνουν αὐτὸ οἱ χριστιανοί.

29. τε΄. Περὶ τοῦ θυσιαστηρίου, ποίους δεῖ εἰσέρχεσθαι ἔνδον καὶ τί δεῖ προσάγειν. (Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως.) P. 66.

30. τϛ΄. [Περὶ ἱερέως εἰσενεγκόντος ἐν τῷ θυσιαστηρίῳ γάλα ἢ μέλι ἢ σίκερα ἢ ζῶα ἢ ὄσπρια.]

31. τζ΄. P. 173. 172. 171.

32. τή. [Περὶ τοῦ μὴ ψάλλειν μεγαλοφώνως ἐν τῇ ἐκκλησίᾳ.] P. 174. Ἕτερα κεφάλαια περὶ ψαλμῳδίας. Συνόδου ϛ΄ κανὼν οε΄. — Βαλσαμῶνος. — Ἕτερα κεφάλαια περὶ τοῦ μὴ ψάλλειν μεγαλοφώνως ἐν τῇ ἐκκλησίᾳ· ἑρμηνεία ἰωάννου μοναχοῦ τοῦ ζωναρᾶ. — Ἐκ τοῦ ματθαίου κεφ. λε΄ τοῦ ε΄ στοιχείου. τῆς ϛ΄ συνόδου. — Ἰωάννου τοῦ κλίμακος. — Τοῦ ἁγίου ἐφραίμ. — Τοῦ ἁγίου σιλουανοῦ. — Τοῦ ἁρμενοπούλου.)

33. τϑ΄. [Περὶ τοῦ μὴ ἐπιτρέπειν λαϊκοὺς τὸν ἱερέα εἰσιέναι εἰς τὸ ἱερατεῖον.] P. 122.

34. τί. [Περὶ βιβλίων τῶν μὴ ἀναγινωσκομένων ἐν τῇ ἐκκλησίᾳ.]

35. τια΄. Περὶ παλαιῶν καὶ σεσαθρωμένων εἰκόνων τί δεῖ ποιῆσαι αὐτάς.

36. τιβ΄. [Περὶ σκεύους χρυσοῦ ἢ ἀργυροῦ ἢ ὀθόνης ἁγιασθέντων, μὴ ὑπηρετεῖσθαι μετ᾽ αὐτῶν τις καὶ περὶ ποδιῶν.] (Τῶν ἁγίων ἀποστόλων.) P. 170.

37. τιγ΄. [Περὶ τῶν εἰς ἀνακαίνησιν ἱερῶν σκευῶν ἐργαλείων εἰ δεῖ ἀργεῖν ἢ βίπτεσθαι ἐν ὕδατι ἢ ἀλλαχοῦ.]

38. τιδ΄. [Περὶ τῶν κυριακῶν καὶ δεσποτικῶν ἑορτῶν πῶς δεῖ ἀργεῖν.] P. 162. (Τῶν ἁγίων ἀποστόλων. — Ἐκ τῆς γραμματικῆς Θεοδώρου τοῦ γάζη.)

39. τιε΄. Περὶ τῆς μεγάλης τεσσαρακοστῆς. (Περὶ τῆς πρώτης ἑβδομάδος. — Περὶ τῆς μεγάλης ἑβδομάδος.)

40. τιζ΄. [Περὶ τῶν ἐσθιόντων τὸ ὀψάριον τοῦ ἁγίου Θεοδώρου ἢ τῇ κυριακῇ τοῦ σταυροῦ ἢ τοῦ δικαίου λαζάρου.]
41. τιζ΄. [Περὶ τοῦ πότε ἐσθίεται τὸ ὀψάριον ἐν τῇ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ καὶ περὶ τῆς μεγάλης πέμπτης.] P. 224. 225.
42. τιή΄. Περὶ τῆς ἁγίας καὶ μεγάλης τεσσαρακοστῆς καὶ πάσης τετράδος καὶ παρασκευῆς. (Τῶν ἁγίων ἀποστόλων ξδ΄. P. 216. 217. 218. — Ἰωάννου ἐπισκόπου κύτρους κανὼν ιή. — Ζωναρᾶ — Νικηφόρου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως.)
43. τιθ΄. Περὶ τοῦ πότε καταλύεται ἡ νηστεία τῆς τετράδος καὶ παρασκευῆς. P. 227.
44. τκ΄. [Περὶ νηστείας καὶ πότε δεῖ καταλύειν αὐτήν.] (Τοῦ μεγάλου βασιλείου κανὼν λα΄.— Τοῦ μεγάλου ἀθανασίου. — Τοῦ αὐτοῦ ἐκ τοῦ συντάγματος.)
45. τκα΄. Περὶ τῆς νηστείας τῶν χριστοῦ γέννων, τῶν ἁγίων ἀκοστόλων καὶ τῆς θεοτόκου. P. 226.
46. τκβ΄. Περὶ τῶν παραμονῶν καὶ ἑορτῶν τῶν χριστοῦ γέννων καὶ τῶν φώτων. P. 220. 221.
47. τκγ΄. Περὶ τοῦ δωδεκαημέρου τῆς προφωνησίμου καὶ τῆς τυρινῆς. (Ἰωάννου ἐπισκόπου κύτρους. — Τοῦ αὐτοῦ περὶ τοῦ ἀρτζηβουρίου. — Τοῦ αὐτοῦ.)
48. τκδ΄. Περὶ τῶν τετραδοπαρασκευῶν τῆς πεντεκοστῆς, τοῦ δωδεκαημέρου, τῆς προφωνησίμου καὶ τῆς τυρινῆς.
49. τκε΄. Περὶ γονυκλισίας καὶ πότε δεῖ κλίνειν γονύ. (Ἐρώτησις. — Συνόδου λαοδικείας. — Συνόδου ς΄ κανὼν ς΄. — Πέτρου ἀλεξανδρείας κανὼν ε΄. — Τοῦ μεγάλου βασιλείου.)
50. τκς΄. Περὶ τῆς ὑψώσεως τοῦ τιμίου σταυροῦ. P. 220.
51. τκζ΄. Περὶ ποίους οὐ δεῖ μνημονεύειν ἢ ποιεῖν ὑπὲρ αὐτῶν εὐχὰς ἢ λειτουργίας.

Ἄρξου ἐντεῦθεν περὶ ἱερέων.

52. τκή΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν ἐνυπνιασθῇ εἰ χρὴ λειτουργῆσαι τῇ ἡμέρᾳ ἐκείνῃ.] P. 161. (Ἑρμηνεία βαλσαμῶνος.)
53. τκθ΄. [Περὶ ἱερέως συμμιχθέντος τῇ γυναικὶ αὐτοῦ καὶ λειτουργήσαντος.]
54. τλ΄. Περὶ διὰ ποίων ἁμαρτιῶν ἀργοῦσιν ἱκανὸν καιρὸν οἱ ἱερεῖς. P. 124.
55. τλα΄. [Περὶ ἱερέως λειτουργήσαντος ἀπὸ φλεβοτομίας.].
56. τλβ΄. [Περὶ ἱερέως ἀπερχομένου εἰς παίγνια ἢ λύρας ἢ ἀρκοῦδας.]
57. τλγ΄. Περὶ διὰ ποίων αἰτιῶν καθαιροῦνται οἱ ἱερεῖς. P. 147. 148.
58. τλδ΄. [Περὶ ἱερέως προσκαλεσαμένου ἕβραῖον ἰατρὸν εἰς ἀσθένειαν.]
59. τλε΄. [Περὶ ἱερέως λειτουργήσαντος μετὰ ἑνὸς χιτῶνος.]
60. τλς΄. [Περὶ ἱερέως εὐλογήσαντος κεκωλυμένον γάμον.] P. 53.
61. τλζ΄. [Περὶ ἱερέως θεωροῦντος ἱπποδρόμια ἢ παίγνια.] P. 57.
62. τλή΄. [Περὶ ἱερέως χορεύοντος εἰς γάμον.] P. 56.
63. τλθ΄. [Περὶ ἱερέως φαγόντος ψόφιον κρέας ἢ θηριάλωτον καὶ ἕτερα.] P. 131.
64. τμ΄. [Περὶ ἱερέως πορευομένου εἰς μάντεις καὶ ἀστρονόμους.]
65. τμα΄. [Περὶ ἱερέως φόνον ποιησαμένου.] P. 10.
66. τμβ΄. [Περὶ ἱερέως πόρνου μοιχοῦ ζωοφθόρου πτηνοβάτου (sic) καὶ ἀρσενοκοίτου.] P. 28b.

67. τμγ΄. [Περὶ ἱερέως ἐπιόρκου.] P. 45.
68. τμδ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν οἱ ὀφθαλμοὶ αὐτοῦ δακρυορροῦσιν ἢ οἱ ὄνυχες αὐτοῦ εἰσὶ ζοφεροὶ ἢ σεληνιάζεται.]
69. τμε΄. [Περὶ ἱερέως ἀσθενημένου καὶ ἑτεροφθάλμου.]
70. τμς΄. Περὶ διὰ ποίων αἰτιῶν καθήρονται καὶ ἀφορίζονται οἱ ἱερεῖς. P. 194b. 14.
71. τμζ΄. [Περὶ ἱερέως καταδότου καὶ ἐγκαλεστοῦ.]
72. τμη΄. [Περὶ ἱερέως λαμβάνοντος κηρὸν ἢ ἔλαιον ἀπὸ τὴν ἐκκλησίαν. P. 136.
73. τμθ΄. [Περὶ ἱερέως μεθύοντος καὶ πραγματευομένου.] P. 139.
74. τν΄. [Περὶ ἱερέως πέμψαντος ἀναγνώστην ἢ ἄλλον τινὰ κοινωνῆσαι ἄνθρωπον.] P. 141.
75. τνα΄. [Περὶ ἱερέως καθῃρημένου ἐὰν τοῦ ἐλθῃ θάνατος εἰ χρὴ μεταλαβεῖν ἀφ᾽ ἑαυτοῦ ἢ βαπτίσαι παιδίον εἰς βίαν.]
76. τνβ΄. [Περὶ ἱερέως μεταλαβόντος ἔσω τοῦ βήματος καὶ πάλιν λειτουργήσαντος.]
77. τνγ΄. [Περὶ ἱερέως φυλαττομένου μὴ ποιῆσαι παιδία.] (Τοῦ βαλσαμῶνος.)
78. τνδ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν ἀσθενήσῃ καὶ μεταλάβῃ ὑπὸ ἄλλου ἱερέως.]
79. τνε΄. [Περὶ ἱερέως τοῦ μὴ φιλοκαλοῦντος τὴν ἐκκλησίαν αὐτοῦ.]
80. τνς΄. [Περὶ ἱερέως καταλιμπάνοντος τὴν ἐκκλησίαν αὐτοῦ καὶ ἀπελθόντος εἰς ἑτέραν.]
81. τνζ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν τὸν καλέσουν νὰ ψάλλῃ λείψανον καὶ μὴ ἀπέλθῃ.]
82. τνη΄. [Περὶ ἱερέως ζητοῦντος δῶρον διὰ τόπον ἐνταφιασμοῦ νεκροῦ.]
83. τνθ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν μεταδιδόντα τὰ ἅγια ἐρασθῇ γυναικός.] (Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως.)
84. τξ΄. [Περὶ ἱερέως ψευδομαρτυρήσαντος.] (Ἰουστινιανοῦ βασιλέως.)
85. τξα΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν μετὰ τὴν ἱερωσύνην βουληθῇ λαβεῖν γυναῖκα ἢ μετὰ τὸ χηρεῦσαι.] (Συνόδου νεοκαισαρίας κανὼν α΄.)
86. τξβ΄. [Περὶ τῶν ἐν χείλεσι μιανθέντων καὶ τί ἐστι τὸ ἐν χείλεσι μιανθῆναι.] (Ἐξήγησις βαλσαμῶνος περὶ τῶν ἐν χείλεσι μιανθέντων τί ἐστιν. — Ἄλλως.)
87. τξγ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν ἀπὸ μέθης ἢ ἀμελείας καύσῃ βιβλίον ἢ ἄλλο τι ἱερὸν.]
88. τξδ΄. [Περὶ ἱερέως ἐὰν εὑρεθῇ συγγενὴς μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ τί δεῖ ποιῆσαι.] (Συνόδου ς΄ κανὼν κς΄.)
89. τξε΄. Ἕτερα κεφάλαια περὶ ἱερέων. [περὶ ἱερέως εὐνουχίζοντος ζῶα.]
90. τξς΄. [Ὅτι εἰς ἁγιομνήσια ἀποστέλλει ὁ ἱερεὺς ἀναγνώστην ἢ γηραιὸν καὶ εὐλογεῖ τὴν τράπεζαν.]
91. τξζ΄. [Περὶ ἱερέως τύψαντος ὄρνεον.]
92. τξη΄. [Περὶ ἱερέως ἰδόντος νεκρὸν ἢ βαστάσαντος ἢ ἀσπασαμένου εἰ χρὴ λειτουργῆσαι.] (Ἐρώτησις.)
93. τξθ΄. [Περὶ ἱερέως εὐλογήσαντος ἕτερον ἱερέα.] (Σισινίου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως.)
94. τ΄. [Περὶ ἐκκλησίας ἐὰν μείνῃ ἀλειτούργητος ἡμέρας μ΄.]
95. τοα΄. [Περὶ ποίαν στολὴν ἱερατικὴν δεῖ φορεῖν τὸν ἱερέα τῇ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ καὶ ποίαν τὸ πάσχα.]
96. τοβ΄. [Περὶ ἀντιμινσίου ἐὰν κατὰ ἄγνοιαν πλυθῇ.] (Ἐρώτησις.)

97. τογ΄. Περὶ τιμῆς ἱερέων. (Τοῦ σοφωτάτου κυροῦ ἰησοῦ υἱοῦ σειράχ. — Περὶ τοῦ μὴ κατακρίνειν ἱερέα νικήτα ἡρακλείας. — Ἕτερον.)
98. τοδ΄. Περὶ ἀναξίων ἀρχιερέων καὶ ἱερέων. (Συμεὼν Θεσσαλονίκης.)
99. τοε΄. [Περὶ ἱερωσύνης κεφάλαια διάφορα.] (Ἐκ τῶν . . . . . χρυσοστόμου καὶ ἑτέρων. — Τοῦ αὐτοῦ. — Τοῦ ἁγίου μαξίμου. — Ἀναστασίου ἀντιοχείας.)
100. τος΄. [Περὶ ποίαν στολὴν δεῖ φορεῖν τὸν ἱερέα ἐν τῷ Θυσιαστηρίῳ.]
101. τοζ΄. Περὶ ἀναγνώστου [ἐὰν πανδρευθῇ ποῖος δεῖ κρατεῖν τὰ στέφανα αὐτοῦ.]
102. τοη΄. Περὶ πρεσβυτέρας καὶ διακονίσσης [ἐὰν δυναστευθῇ ἢ αἰχμαλωτισθῇ ἢ μολυνθῇ.] (Βαλσαμῶνος.)
103. τοθ΄. [Περὶ πρεσβυτέρας ἐὰν ἀποθάνῃ ὁ πρεσβύτερος αὐτῆς καὶ πανδρευθῇ.]
104. τπ΄. [Περὶ διακονίσσης ἐὰν ἀποθάνῃ ὁ διάκονος ἢ πανδρευθῇ.]

Ἐντεῦθεν ἄρξου περὶ μοναχῶν.

105. τπά΄. Περὶ ἀνδρὸς καὶ γυναικὸς ὁποῦ θέλουν νὰ ἐλθοῦν εἰς τὸ σχῆμα τῆς καλογερικῆς πόσον καιρὸν νὰ δοκιμάζωνται. (Συνόδου α΄ καὶ β΄ κανὼν ε΄.)
106. τπβ΄. [Περὶ πόσων χρόνων τὸ παιδίον κουρευθῆναι εἰ βουληθῇ μονάσαι.]
107. τπγ΄. [Περὶ τοῦ γενομένου μοναχοῦ ἐν τῷ τέλει τῆς ζωῆς αὐτοῦ πῶς λογίζεται αὐτὸν ὁ θεός.] (Τοῦ βαλσαμῶνος.)
108. τπδ΄. [Περὶ τῶν θελόντων μονάσαι ὅτι χωρίζεται ὁ ἄνδρας τὴν γυναῖκα καὶ ἡ γυναῖκα τὸν ἄνδρα.] (Τοῦ ἁρμενοπούλου.)
109. τπε΄. [Περὶ τῶν ἐμποδιζόντων τὰ τέκνα αὐτῶν βουλόμενα μονάσαι.] P. 82b.
110. τπς΄. Περὶ στολῆς τῶν μοναχῶν τί σημαίνει.
111. τπζ΄. [Περὶ τοῦ κουρεύοντος χωρὶς ἀναδόχου μοναχόν.] P. 79.
112. τπη΄. [Περὶ τοῦ κουρεύοντος μοναχὸν χωρὶς δοκιμασίας.] P. 80. 82.
113. τπθ΄. [Περὶ δοκιμασίας καὶ κουρᾶς] γυναικῶν [τῶν θελόντων μονάσαι.] P. 81.
114. τ΄. Περὶ τῆς ἀκολουθίας καὶ τοῦ κανόνος τῶν ἀγραμμάτων μοναχῶν. (Τοῦ μεγάλου βασιλείου.) P. 87.
115. τ΄α. [Περὶ ἱερομονάχου ἢ μοναχοῦ τῶν μὴ ψαλλόντων τὴν ἅπασαν ἀκολουθίαν αὐτῶν.] P. 86.
116. τ΄β. [Περὶ τῶν ἀπολειφθέντων ἐκ τῆς θείας λειτουργίας καὶ λοιπῆς ἀκολουθίας.] P. 89.
117. τ΄γ. [Περὶ μοναχοῦ ἐσθίοντος καὶ πίνοντος μετὰ τὸ ἀπόδειπνον.] P. 105.
118. τ΄δ. [Περὶ μοναχοῦ φυγόντος κρυφίως ἐκ τοῦ μοναστηρίου.] P. 109.
119. τ΄ε΄. [Περὶ ἡγουμένου τοῦ μὴ ζητοῦντος τὸν φυγάδα μοναχὸν καὶ ἕτερα κεφάλαια.] (P. 110. — Ἐρώτησις. — Τοῦ μεγάλου βασιλείου. P. 115.)
120. τ΄ς΄. [Περὶ τοῦ μὴ δέχεσθαι μοναχὸν εἰς ἕτερον μοναστήριον.] P. 107. 108.
121. τ΄ζ΄. [Περὶ τοῦ γινώσκοντος μοναχὸν ἀναχωρῆσαι θέλοντα καὶ μὴ μεινήσῃ (sic).] P. 111.
122. τ΄η΄. [Περὶ διὰ ποίων αἰτιῶν δεῖ ἀναχωρῆσαι ἐκ τοῦ μοναστηρίου.] (Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως.) P. 112.

123. τ|ϟ΄. [Περὶ μοναχοῦ κυνηγέτου καὶ ϑηρευτοῦ.]
124. υ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἐκβάλλοντος τὸ κουκούλιον ἢ πλύνοντος αὐτὸ μετὰ τῶν ποδῶν.]
125. υα΄. [Περὶ μοναχοῦ διαβαίνοντος εἰς χώραν καὶ μὴ φοροῦντος τὸ σχῆμα.]
126. υβ΄. [Περὶ ἱερέως καὶ μοναχοῦ κοσμικὸν σχῆμα ἐνδυσαμένων].
127. υγ΄. [Περὶ μοναχῶν κοσμισάντων καὶ μὴ ὑποστρεφόντων.] [Νικηφόρου κωνσταντινουπόλεως.)
128. υδ΄. [Περὶ μοναχοῦ καὶ μοναχῆς ἐὰν ἐλϑωσιν εἰς γάμου κοινωνίαν.] P. 77. 78.
129. υε΄. [Περὶ μοναχοῦ μικροσχήμου καὶ μεγαλοσχήμου πορνευσάντων.] P. 91.
130. υϛ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀσπασαμένου γυναῖκα ἢ ὁδεύσαντος μετὰ γυναικός.] P. 101. 100.
131. υζ΄. [Περὶ μοναχοῦ τοῦ μὴ κοιμᾶσϑαι ἐν γυναικείῳ μοναστηρίῳ.] (Συνόδου ϛ΄ κανὼν μζ΄)
132. υη΄. [Περὶ μοναχοῦ τοῦ λέγοντος ὅτι ἔχω γενεάν.]
133. υϑ΄. [Περὶ μοναχοῦ καϑεζομένου ἐν τῷ οἴκῳ αὐτοῦ.] P. 93.
134. υι΄. [Περὶ μοναχοῦ φαγόντος κρέας ἑκουσίως.]
135. υια΄. [Περὶ μοναχοῦ φαγόντος νέον καρπὸν ἄνευ συγχωρήσεως.]
136. υιβ΄. [Περὶ μοναχοῦ καϑίσαντος εἰς ζῶν ϑῆλυ.]
137. υιγ΄. [Περὶ μοναχοῦ μαλακισϑέντος ἢ ἐγρηγορότος τοῦ σώματος μολυνϑέντος.] P. 62. (Τοῦ νηστευτοῦ.)
138. υιδ΄. [Περὶ μοναχοῦ ὀρχιζομένου καὶ τραγωδοῦντος καὶ πίνοντος τὸν οἶνον ἀμέτρως.]
139. υιε΄. [Περὶ μοναχοῦ ἐὰν ξεράσῃ ἀπὸ μέϑης.] P. 95.
140. υιϛ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀπερχομένου εἰς καπηλεῖον ἢ συμπόσια κοσμικά.]
141. υιζ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀπερχομένου εἰς γάμον.] P. 98.
142. υιη΄. [Περὶ τοῦ κλέψαντός τι ἐκ τοῦ μοναστηρίου ἢ λαϑροφαγήσαντος.] P. 96.
143. υιϑ΄. [Περὶ μοναχοῦ κοιμηϑέντος εἰς φίλον αὐτοῦ ἄνευ εὐλόγου αἰτίας.] P. 94. 106.
144. υκ΄. [Περὶ μοναχοῦ γελῶντος ἀσέμνως.] P. 99.
145. υκα΄. [Περὶ μοναχοῦ βαλόντος φωνὴν ἄνευ ἀνάγκης.]
146. υκβ΄. [Περὶ μοναχοῦ τύψαντός τινα.] P. 104.
147. υκγ΄. [Περὶ μοναχοῦ τύψαντος ἢ ὑβρίσαντος μοναχὸν.]
148. υκδ΄. [Περὶ μοναχοῦ τυφϑέντος ἢ ὑβρισϑέντος καὶ μὴ συγχωροῦντος τὸν τύψαντα.]
149. υκε΄. [Περὶ μοναχοῦ φατριάζοντος καὶ καταλαλοῦντος μοναχὸν ἢ κοσμικόν.]
150. υκϛ΄. [Περὶ μοναχοῦ ψευδομένου ἑκουσίως.] P. 97.
151. υκζ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀπερχομένου εἰς λουτρὸν καὶ χριομένου χρίσμα.]
152. υκη΄. [Περὶ ποίους δεῖ κείρειν τὰς τρίχας τοῦ μοναχοῦ.]
153. υκϑ΄. [Περὶ μοναχοῦ πραγματευομένου.]
154. υλ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἢ μοναχῆς λαμβανόντων τόκον.] P. 138.
155. υλα΄. [Περὶ μοναχοῦ τοῦ ὄντος ἐν ἐπιτιμίοις εἰ χρὴ συνεσϑίειν τοῖς λοιποῖς.]
156. υλβ΄. [Περὶ μοναχοῦ ὁδεύσαντος ὁδόν τινα ἄνευ βουλῆς τοῦ προεστῶτος.]
157. υλγ΄. [Περὶ μοναχοῦ κρούσαντος ζῶόν τινα καὶ τζακίσαντος αὐτό.]
158. υλδ΄. [Περὶ μοναχοῦ ϑησαυρίζοντος καὶ παρέχοντος ἐπὶ τόκῳ τὸ ἀργύριον.]
159. υλε΄. [Περὶ μοναχοῦ πιασϑέντος εἰς ἕδνη καὶ ἀκουσίως μιανϑέντος.]

160. υλ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀρσενοκοίτου καὶ πτηνοβάτου (sic) καὶ ζωοφθόρου.]
161. υλ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἐὰν ποιήσῃ ἡμέρας μ΄ ἀκοινώνητος.]
162. υλή΄. [Περὶ μοναχοῦ λαβόντος ἑτέρου ἀδελφοῦ ἱμάτιον ἄνευ εἰδήσεως τοῦ αὐτοῦ.]
163. υλθ΄. [Περὶ μοναχοῦ μὴ ἐξαγγέλλοντος τὰς πράξεις αὐτοῦ πνευματικῷ πατρὶ καθ' ἑβδομάδα.] — [Περὶ τοῦ λύοντος ὅρον πνευματικοῦ πατρὸς ἢ ἀντιτασσομένου τῷ ἡγουμένῳ ἢ τῷ γέροντι.] P. 114. 113. (Ἐκ τῶν ἀσκητικῶν τοῦ μεγάλου βασιλείου περ τοῦ μὴ ἔχειν τι ἴδιον ἐν ἀδελφότητι. P. 117. 118.)
164. υμ΄. [Περὶ μοναχοῦ τοῦ ἔχοντος χρήματα καὶ μὴ ὁμολογήσαντος αὐτὰ ἐν τῷ καιρῷ τοῦ θανάτου αὐτοῦ.]
165. υμα΄. [Περὶ μοναχοῦ ἔχοντος κτήματα χωρὶς τῆς βουλῆς τοῦ ἡγουμένου.]
166. υμβ΄. [Περὶ τῶν ἀφιερωσάντων τι ἐν ἐκκλησίᾳ καὶ μετανοησάντων.] (Γερμανοῦ πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως. — Τῆς ς΄ συνόδου κανὼν μβ΄.).

Περὶ ἡγουμένων.

167. υμγ΄. [Περὶ ἡγουμένου τοῦ μὴ διδάσκοντος ἐπιμελῶς τοὺς ὑπ' αὐτὸν μοναχούς.]
168 υμδ΄. [Περὶ ἡγουμένου ἔχοντος συμβουλίαν μετὰ γυναικῶν καὶ παιδίων.]
169. υμε΄. [Περὶ μοναχοῦ ἐλέγχοντος καὶ φατριάζοντος τὸν ἡγούμενον αὐτοῦ.]
170. υμς΄. [Περὶ μοναχοῦ καταλαλοῦντος καὶ διασύροντος τὸν πρωτεύοντα αὐτοῦ.]
171. υμζ΄. [Περὶ μοναχοῦ ἀντιτασσομένου καὶ παρακούοντος τοῦ ἡγουμένου.]
172. υμή. [Περὶ μοναχοῦ δεσμευθέντος παρὰ τοῦ ἡγουμένου καὶ ἀντιδεσμεύσαντος.]
173. υμθ΄. [Περὶ μοναχοῦ ποιήσαντός τι τῶν ἀναγκαίων ἄνευ προστάξεως τοῦ ἡγουμένου.]

Περὶ ἱερομονάχων.

174. υν΄. [Περὶ ἱερομονάχου μεγαλοσχήμου εἰ χρὴ ἱερουργεῖν.] P. 90.
175. υνα΄. [Περὶ ἱερομονάχου νέου μοναστρίαις ὑπηρετοῦντος.] P. 85.
176. υνβ΄. [Περὶ ἱερομονάχου εἰ χρὴ εὐλογῆσαι γάμον ἢ γενέσθαι ἀνάδοχον.] P. 84.
177. υνγ΄. [Περὶ ἱερομονάχου εἰ χρὴ ἔχειν ἐνορίαν κοσμικὴν ἢ δοῦναι εὐχὴν γυναῖκα λεχώ.] (Ἐρώτησις.)
178. υνδ΄. [Περὶ ἱερομονάχου πεσόντος εἰς βεῦσιν εἰ χρὴ λειτουργῆσαι τῇ ἡμέρᾳ ἐκείνῃ.]
179. υνε΄. [Περὶ ἱερομονάχου ἰατρεύοντος καὶ φλεβοτομοῦντος.] P. 102.
180. υνς΄. [Περὶ ἱερομονάχου καθηρημένου.] P. 103.
181. υνζ΄. [Περὶ ἱερομονάχου μεθύσαντος ἢ ἐμέσαντος.]
182. υνή΄. [Περὶ ἱερομονάχου ἀπερχομένου εἰς λουτρὸν καὶ χριομένου χρίσμα.]
183. υνθ΄. [Περὶ ἱερομονάχου καταφρονοῦντος τῶν συναξέων τῆς θείας λειτουργίας καὶ καταλιμπάνοντος τὴν ἀκολουθίαν αὐτοῦ.] (Σύνοδος ζ΄ γενομένη ἐν νικαίᾳ τῆς βυθινίας τὸ β΄ κανὼν β΄ περὶ ἐπισκόπων.)
184. υξ΄. Περὶ νηστείας τῶν μοναχῶν.

185. υξά'. [Περὶ καταστάσεως τραπέζης.]
186. [υξβ'.]
187. υξγ'. [Περὶ πνευματικοῦ μικροσχήμου ὅτι οὐ ποιεῖ μεγαλόσχημον.] (Νικήτα ἡρακλείας.)

Περὶ κανονικῶν ἡγουν μοναζουσῶν.

188. υξδ'. [Περὶ καλογραίας δυναστευθείσης ὑπό τινος.] P. 67.
189. υξε'. [Περὶ καλογραίας ἡ κοσμικῆς ἐὰν βίψῃ τὴν μαλακιὰν αὐτοῦ τις ἀπάνω τῆς.]
190. υξς'. [Περὶ δύο μοναστριῶν ἐὰν βίψωσι τὴν μαλακίαν αὐτῶν εἰς ἀλλήλας.]
191. υξζ'. [Περὶ τῆς εἰς ἀσπασμοὺς καὶ ἀφὰς ἐλθούσης καὶ μὴ διαφθαρείσης.]
192. υξή'. [Περὶ μοναχῆς μαυλήστριας.] (Τοῦ νηστευτοῦ.)
193. υξθ'. [Περὶ τῆς ὁμοσάσης τὸ ὄνομα τοῦ θεοῦ.] (Τοῦ μεγάλου βασιλείου.)
194. υο'. [Περὶ τῆς ὑβρισάσης τινὰ τῶν πρεσβυτίδων.]
195. υοα'. [Περὶ τῆς λοιδορησάσης κατὰ ἀπούσης.]
196. υοβ'. [Περὶ τῆς ποιούσης ἀργολογίας ἢ γέλωτας.]
197. υογ'. [Περὶ τῆς καλλοπιζομένης.]
198. υοδ'. [Περὶ τῆς καταφρονούσης τῆς δοθείσης αὐτῇ διακονίας.]
199. υοε'. [Περὶ τῆς ἀπελθούσης εἰς πατέρα ἢ μητέρα ἄνευ βουλῆς τῆς προεστώσης.]
200. υος'. [Περὶ τῆς ὁμιλούσης τινὶ τῶν ἔξω γυναικῶν καὶ ἀποκρίσεις δεχομένης.]
201. υοζ'. [Περὶ τῆς μεθυούσης καὶ σπαταλώσης.]
202. υοή'. [Περὶ τῆς γογγυζούσης ἐν τῷ καμάτῳ τῶν ἔργων.]
203. υοθ'. [Περὶ τῆς μὴ ἐγερθείσης εἰς τὸν κανόνα.]
204. υπ'. [Περὶ τῆς ἐχούσης λογισμοὺς καὶ μὴ ψαλλούσης.]
205. υπα'. [Περὶ τῆς μεταβαινούσης ἀπὸ τῆς ἑαυτῆς διακονίας εἰς ἑτέραν διὰ τὸ φλυαρεῖν.]
206. υπβ'. [Περὶ τῆς λαβούσης ἐπιτίμιον καὶ γογγυζούσης.]
207. υπγ'. [Περὶ τῆς γνούσης τινὸς κρυφὸν ἁμάρτημα καὶ μὴ φανερωσάσης αὐτὸ τῇ προεστώσῃ.]
208. υπδ'. [Περὶ τῆς ἀγαπώσης παρακοήν.]
209. υπε'. [Περὶ τῆς ποιούσης συντυχίας ἐν τῷ ἀρίστῳ.]
210. υπς'. [Περὶ τῆς ὀργισθείσης καὶ μὴ διαλλαγείσης.]
211. υπζ'. [Περὶ τῆς λαθραφαγησάσης ἔξω τῆς τραπέζης.]
212. υπή'. [Περὶ τῆς ποιούσης συντυχίας τῇ ἑσπέρᾳ.]
213. υπθ'. [Περὶ τῆς ὀργιζομένης καὶ θορυβούσης.]
214. υ\η'. [Περὶ τῆς λεγούσης ἰμάτιον ἐμὸν ἢ κτῆμα ἐμόν.]
215. υ\ηα'. [Περὶ τῆς ζητούσης βρῶμα ἢ πόμα ἐξελεγμένον.]
216. υ\ηβ'. [Περὶ τῆς ζητούσης ἔνδυμα πολυτελέστερον.]
217. υ\ηγ'. [Περὶ τοῦ μὴ ἔχειν μοναχὸν παῤῥησίαν πρὸς μονάστριαν ἰδίᾳ προσομιλεῖν.]
218. υ\ηδ'. [Περὶ γραὸς μεγαλοσχήμου εἰ χρὴ μεταδιδόναι θυμιατὸν τῷ ἱερεῖ καὶ ὑπηρετεῖν αὐτῷ.] (Τοῦ ἁρμενοπούλου.)

Περὶ διακονιτῶν.

219. υ⊥ε΄. [Περὶ κελλαρίτου ἐὰν ἀφανισθῇ περίσσευμα ἀπὸ καταφρονήσεως αὐτοῦ.] (Τοῦ μεγάλου βασιλείου.)
220. υ⊥ς΄. [Περὶ κελλαρίτου ἐὰν μὴ ἐξ ἴσου παραθῇ τὰ μαγειρία τοῖς ἀδελφοῖς.]
221. υ⊥ζ΄. [Περὶ κελλαρίτου ἐάσαντος σκεῦος οἴνου ἢ ἐλαίου ἢ ἑτέρου εἴδους ἀνοικτόν.]
222. υ⊥η΄. [Περὶ κελλαρίτου ἐὰν καίῃ ἀμέτρως τὰ ξύλα.]
223. υ⊥θ΄. [Περὶ νοσοκόμου ἐὰν μὴ ὑπηρετῇ καλῶς.]
224. φ΄. [Περὶ θυρωροῦ ἐὰν ἐάσῃ θυρώριον ἀνοικτόν.]
225. φα΄. [Περὶ θυρωροῦ καὶ διακονιτοῦ ἐὰν ἀπολέσωσι κλεῖδα.]

Περὶ ἐκκλησιαστικῶν διακονιτῶν.

226. φβ΄. [Περὶ ἐκκλησιάρχου ἐὰν μὴ σημάνῃ ἐν τῇ ὥρᾳ τῆς ἀκολουθίας.]
227. φγ΄. [Περὶ ἐκκλησιάρχου ἐὰν μὴ προλέγῃ τῷ μέλλοντι ἀναγνῶναι.]
228. φδ΄. [Περὶ κανονάρχου μὴ προθεωροῦντος τὰ στιχηρά.]
229. φε΄. [Περὶ κανονάρχου ἐὰν ἐάσῃ κανόνα ἄψαλτον.]
230. φς΄. [Περὶ κανδηλάπτου ἐὰν μὴ καθαίρῃ τὰ κανδήλια.]
231. φζ΄. [Περὶ κανδηλάπτου ἐὰν συντρίψῃ κανδήλαν.]
232. φη΄. [Περὶ βιβλιοφύλακος ἐὰν οὐ παστρεύῃ καλῶς τὰ βιβλία.]
233. φθ΄. [Περὶ τοῦ λαβόντος βιβλίον καὶ μὴ φιλοκαλοῦντος αὐτό.]
234. φι΄. [Περὶ τοῦ γράφοντός τινος γραφὴν λάθρα τοῦ προεστῶτος.]

Ἐντεῦθεν ἄρξου περὶ κοσμικῶν.

235. φια΄. Περὶ φόνων ἑκουσίων καὶ ἀκουσίων. P. 7. 8. 9.
236. φιβ΄. Περὶ φόνων τίνες εἰσὶν ἑκούσιοι καὶ τίνες ἀκούσιοι καὶ τίνες ἐγγὺς ἑκουσίων.
237. φιγ΄. [Περὶ τοῦ φονεύσαντος τὴν ἑαυτοῦ γυναῖκα ἑκουσίως.]
238. φιδ΄. [Περὶ τοῦ φονεύσαντος τὴν ἑαυτοῦ γυναῖκα μοιχευομένην μετὰ μοιχοῦ.]
239. φιε΄. [Περὶ τοῦ φονεύσαντος κλέπτην ἢ λῃστὴν ἑκουσίως.]
240. φις΄. [Περὶ τοῦ φονεύσαντος ἑαυτὸν ἑκουσίως ἢ ἀκουσίως.] P. 178. (Ἑρμηνεία ζωναρᾶ.... τιμοθέου ἀλεξανδρείας. — Ἐρώτησις.)
241. φιζ΄. Περὶ τῶν ἀρνησαμένων τὸν χριστὸν ἑκουσίως ἢ ἀκουσίως. P. 11. 12. (Ἕτερα κεφάλαια εἰς αὐτὸ συντομώτερα.)
242. φιη΄. Περὶ πάσης γοητείας καὶ μαγείας καὶ μαντείας [καὶ ἀποδεμάτων καὶ ἑτέρων πολλῶν.] P. 13.
243. φιθ΄. Περὶ γοητῶν. — Περὶ ἐπαοιδῶν. — Περὶ φαρμακειῶν.
244. φκ΄. Περὶ μαθηματικῶν. (Τῆς ἐν λαοδικείᾳ συνόδου λζ΄.)
245. φκα΄. [Περὶ τῶν ἀπερχομένων εἰς μάντεις καὶ ἀστρονόμους.] P. 15.

246. φκβ΄. [Περὶ τῶν μαντευομένων εἰς τὰς αἰγύπτισσας ἢ φέροντας μάντεις εἰς τὸν οἶκον αὐτῶν.] P. 16.
247. φκγ΄. [Περὶ τῶν μαντευομένων διὰ κριθῶν ἢ κοκκίων.] P. 17. 18.
248. φκδ΄. [Περὶ τῶν προσκαλουμένων μάντεις τοῦ ποιῆσαι μαντείας διὰ βλάβην ἑτέρων.] P. 19.
249. φκε΄. [Περὶ τῶν συρόντων ἀρκούδας ἢ ἄλλα θηρία καὶ ἕτερα ἑλληνικὰ ἔθη.] P. 20.
250. φκς΄. [Περὶ τῶν ἀκολουθούντων ἑλληνικοῖς ἔθεσι χοροὺς καὶ ῥουσαλία.] P. 23.
251. φκζ΄. [Περὶ τῶν κοσμούντων ἑαυτοὺς καὶ τὸν πώγωνα κειρόντων.] P. 177. 23.
252. φκη΄. Περὶ τῶν συνεσθιόντων καὶ συνεορταζομένων καὶ συνευχομένων τοῖς αἱρετικοῖς. P. 133a. 154. (Ἐρώτησις μάρκου ἀλεξανδρείας καὶ ἀπόκρισις κυροῦ θεοδώρου ἀντιοχείας τοῦ βαλσαμῶνος.)
253. φκθ΄. [Περὶ τοῦ μὴ συνάπτεσθαι ὀρθόδοξον ἄνδρα αἱρετικῇ γυναικί.] P. 58.
254. φλ΄. [Περὶ τοῦ προσκαλεσαμένου ἑβραῖον ἰατρὸν εἰς ἀσθένειαν.] P. 134. 133b.
255. φλα΄. Περὶ τοῦ ἀφορίσαντος ἑαυτὸν ἢ ἀναθεματίσαντος ἢ ἄρνησιν θεοῦ ἐξειπόντος.
256. φλβ΄. Περὶ τῶν καιόντων τοὺς βουρκολάκους. P. 21. (Ἐρώτησις.)
257. φλγ΄. Περὶ τῶν λεγόντων ὅτι εἰσὶ στρίγλαι καὶ μορὰ καὶ γελοῦδες. (Ἐρώτησις.)
258. φλδ΄. [Περὶ τοῦ φαγόντος ψόφιον κρέας ἢ θηριάλωτον ἢ αἷμα ἢ πνικτόν.]
259. φλε΄. Περὶ τῶν ἐσθιόντων τὰ βδελύγματα [ἢ κρέας ἀετοῦ ἢ ἱέρακος ἢ κοράκου ἢ κορώνης καὶ ἕτερα καὶ διατὶ οὐκ ἐσθίομεν αὐτά.]
260. φλς΄. [Περὶ τοῦ φαγόντος κρέας ἀνθρώπου ἑκουσίως.]
261. φλζ΄. [Περὶ τοῦ φαγόντος κρέας ἀλόγου ἢ ὄνου.]
262. φλη΄. [Περὶ τοῦ φαγόντος κρέας ἢ τυρὸν τῇ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ ἢ τετράδι ἢ παρασκευῇ.]
263. φλθ΄. [Περὶ βρεφῶν ἀρτυθέντων τῇ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ ἢ τῇ μεγάλῃ ἑβδομάδι.]
264. φμ΄. Περὶ κλέπτου καὶ κλεπταπαδόχου καὶ περὶ κλεψίας τεχνιτῶν. (Τοῦ νηστευτοῦ.) P. 46. 47.
265. φμα΄. [Περὶ τοῦ κλέψαντος βοῦχα ἢ φορέματα.]
266. φμβ΄. [Περὶ τοῦ κλέψαντος ὄρνιθας καὶ ὠὰ καὶ ὀπώρας καὶ σταφυλάς.]
267. φμγ΄. [Περὶ τοῦ κλέψαντος μελίσσια.]
268. φμδ΄. [Περὶ ληστοῦ καὶ τυμβορύχου.] P. 48. 49. (Τοῦ νηστευτοῦ.)
269. φμε΄. [Περὶ ἱεροσύλου.]
270. φμς΄. Περὶ ἐπιόρκου καὶ ψευδομάρτυρος. P. 43. 44.
271. φμζ΄. [Περὶ τῶν καιόντων οἴκους ἢ ἅλωνας ἢ τεμνόντων ἀμπελῶνας ἢ δένδρα.]
272. φμη΄. Περὶ μαλακίας καὶ συγγυλισμοῦ. (Τοῦ νηστευτοῦ. P. 59. 60.. — Ἕτερον. — Περὶ τῆς γενομένης ποικίλης βεύσεως ἀναστασίου σινᾶ ὄρους.)

Περὶ αἱμομιξίας καὶ πάσης παρανομίας. Τοῦ νηστευτοῦ.

273. φμθ΄. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς ἀδελφὴν ὁμοπάτριον καὶ ὁμομήτριον.] P. 29.
274. φν΄. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς πρώτην ἢ δευτέραν ἐξαδέλφην αὐτοῦ.] P. 32.

275. φνά'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς δύο ἀδελφάς.] P. 37.
276. φνβ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς νύμφην υἱοῦ ἢ πενθερὰν καὶ μητροπενθεράν.] P. 30.
277. φνγ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς γυναικαδελφὴν ἢ ἀδελφοῦ νύμφην.] P. 36.
278. φνδ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς κουμπάραν αὐτοῦ.] P. 34.
279. φνε'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς τὴν ἀναδεχθὴν αὐτοῦ.] P. 35. 31.
280. φνς'. [Περὶ τοῦ πεσόντος εἰς τὴν μητρυιὰν ἢ θείαν αὐτοῦ.] P. 38.
281. φνζ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς ἰδίας μητρὸς αὐτοῦ.] (Ἕτερον.)
282. φνη'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς ἑαυτοῦ θυγατρός.]
283. φνθ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ μητρὸς καὶ θυγατρός.]
284. φξ'. [Περὶ τοῦ συμμιγέντος τῇ μητρὶ τῆς ἀβραβωνιαστῆς αὐτοῦ ἢ εἰς ἕτερον πρόσωπον γένους αὐτῆς.] P. 55.
285. φξά. [Περὶ τοῦ συμμιγέντος μετὰ τῆς ἀβραβωνιαστῆς αὐτοῦ πρὶν τοῦ στεφανώματος.] P. 54.
286. φξβ'. [Περὶ κοσμικοῦ βιασαμένου μονάστριαν.]
287. φξγ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ μεγαλοσχήμου.] P. 41. 42.
288. φξδ'. Περὶ πόρνου καὶ μοιχοῦ καὶ ἀρσενοκοίτου. P. 24b. 28. 26. 27. 25.
289. φξε'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ λεχούσης οὔσης.]
290. φξς'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ ἐν κυριακῇ ἢ δεσποτικῇ ἑορτῇ.]
291. φξζ'. [Περὶ τοῦ πότε ὀφείλουσιν οἱ ὁμόζυγες μεταλαμβάνειν καὶ ἀπέχεσθαι ἀπ' ἀλλήλων.] (Ἐρώτησις κυροῦ μάρκου ἀλεξανδρείας καὶ ἀπόκρισις κυροῦ θεοδώρου ἀντιοχείας τοῦ βαλσαμῶνος. — Συνόδου β'. —)
292. φξή'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ εἰς ἐκκλησίαν.]
293. φξθ'. [Περὶ τοῦ πεσόντος μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ καὶ κοινωνήσῃ τῇ ἡμέρᾳ ἐκείνῃ.]
294. φό. Περὶ δεγάμου καὶ τριγάμου. (Νικηφόρου κανὼν β'.) P. 51. 52.
295. φοά. Ὅτι τῇ ἁγίᾳ καὶ μεγάλῃ τεσσαρακοστῇ δὲν γίνεται καμία ὑπόθεσις γάμου. (Συμεὼν θεσσαλονίκης.)
296. φοβ'. Περὶ πρώτου γάμου καὶ τὸ τί εἶναι πρῶτος γάμος καὶ περὶ ἐνόμων γάμων. (Γερμανοῦ πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως.) — Ματθαίου.)
297. φογ'. Περὶ ψιλῶν συμφώνων γενομένων εἰς γάμον μὴ γενομένης ἱερολογίας. (Λέοντος καὶ ἀλεξίου τοῦ κομνηνοῦ τῶν σοφῶν βασιλέων.)
298. φοδ'. Περὶ πῶς καλεῖται ὁ πρῶτος γάμος, ὁ δεύτερος, ὁ τρίτος. (Γρηγορίου τοῦ θεολόγου.)
299. φοε'. Εἴδησις διαλαμβάνουσα τὸν τόμον τῆς ἑνώσεως περὶ τριγάμων καὶ τετραγάμων. ἐγένετο δὲ ἐν τῷ χυή ἔτει ἰνδ. ή. (Τοῦ ἁρμενοπούλου.)
300. φος'. Περὶ τετραγάμου. P. 181.
301. φοζ'. Περὶ διαφορᾶς παιδίων πῶς καλοῦνται.
302. φοη'. [Περὶ παρανόμου γάμου ἀπὸ συγγενείας.] (Τοῦ νηστευτοῦ.)
303. φοθ'. [Περὶ τοῦ ἔχοντος παλλακίδα.] (Νικηφόρου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως. — Λέοντος καὶ κωνσταντίνου τῶν βασιλέων.)

304. φπ΄. [Περὶ τοῦ λαβόντος δύο γυναῖκας νομίμους καὶ τρίτην παράνομον καὶ χωρισθέντος ἐξ αὐτῆς εἰ χρὴ λαβεῖν καὶ ἄλλην.] (Ἐρώτησις καὶ τῶν θείων διδασκάλων ἀπόκρισις.)
305. φπα΄. [Περὶ μοιχοῦ καὶ φανεροῦ πόρνου.]
306. φπβ΄. Περὶ ἔχθρας. (Τοῦ χρυσοστόμου.)
307. φπγ΄. [Περὶ ἔχθρας καὶ μνησικακίας.] (Παύλου τοῦ ἀποστόλου.) P. 123.
308. φπδ΄. [Περὶ τοῦ ἔχθραν ἔχοντος ἐν καιρῷ κοινωνίας πρός τινα καὶ μὴ διδόντος εἰρήνην.] (Τοῦ νηστευτοῦ.) P. 124.
309. φπε΄. [Περὶ ἀσθενοῦς φαγόντος καὶ μεταλαβόντος.] (Τοῦ αὐτοῦ.)
310. φπς΄. [Περὶ τοῦ πότε ὀφείλουσιν οἱ ὀρθῶς βιοῦντες μεταλαβεῖν.] (Γερμανοῦ πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως.) P. 228.
311. φπζ΄. [Περὶ τοῦ φαγόντος ἄρτον καὶ κοινωνήσαντος ἢ νιπτομένου ἐὰν εἰσῆλθεν ὕδωρ ἐν τῷ στόματι αὐτοῦ.] (Βαλσαμῶνος.)
312. φπη΄. [Περὶ λαϊκοῦ ἐὰν ξεράσῃ ἀπὸ κοινωνίας.]
313. φπθ΄. [Περὶ τοῦ κρατήσαντος τὴν κοινωνίαν ἐν τῷ στόματι αὐτοῦ καὶ ῥίψαντος εἰς πρᾶγμα.] P. 145.
314. φ\|η΄. Περὶ πνευματικῆς συγγενείας. P. 211. 212.
315. φ\|α΄. [Περὶ τοῦ βλασφημήσαντος εἰς τὸν χριστὸν ἢ εἰς τὴν θεοτόκον ἢ εἰς ἕτερον ἅγιον.]
316. φ\|β΄. Περὶ καταλαλιᾶς. P. 125.
317. φ\|γ΄. Περὶ τοῦ ὑβρίζοντος τοὺς γονεῖς αὐτοῦ. P. 128. (Τοῦ σοφωτάτου ἰησοῦ υἱοῦ σιραχ περὶ τιμῆς γονέων.)
318. φ\|δ΄. [Περὶ πατρὸς μισοτέκνου καὶ τοῦ ἀποστεροῦντος τὸ μοιράδιον αὐτοῦ διὰ τὸ γενέσθαι μοναχόν.] P. 129. 130.
319. φ\|ε΄. [Περὶ γονέων μὴ ὑπανδρευόντων τὰ τέκνα αὐτῶν καὶ ἀπελθόντα πορνεύσουσι.]
320. φ\|ς΄. [Περὶ τῶν μιαροφαγησάντων.]
321. φ\|ζ΄. [Περὶ ἐὰν πέσῃ μὺς ἢ ἄλλο τι τῶν ἀκαθάρτων εἰς ἀγγεῖον οἴνου ἢ ἐλαίου ἢ ἑτέρου εἴδους.]
322. φ\|η΄. [Περὶ ἐὰν σέβη τι τῶν ἀκαθάρτων εἰς βρῶμα εἰ χρὴ αὐτὸ ῥίπτειν.]
323. φ\|θ΄. [Περὶ ἐὰν πέσῃ τι τῶν ἀκαθάρτων εἰς φρέαρ.]
324. χ΄. [Περὶ παρακαμπανιστοῦ.]
325. χα΄. [Περὶ τοῦ ὑβρίζοντος καὶ καταλαλοῦντος τὸν πλησίον αὐτοῦ.]
326. χβ΄. [Περὶ παραυλακιστοῦ.]
327. χγ΄. [Περὶ παραθεριστοῦ.]
328. χδ΄. [Περὶ παρακροατοῦ καὶ καταδότου.]
329. χε΄. [Περὶ ψιθηριστοῦ ψεύστου καὶ λοιδόρου.]
330. χς΄. [Περὶ τοῦ εὑρόντος ξένον πρᾶγμα καὶ μὴ ὁμολογήσαντος αὐτό.]
331. χζ΄. Περὶ τῶν τιμουλκούντων καὶ προαγοραζόντων σῖτον.
332. χη΄. Περὶ τῶν σμιγόντων τῷ οἴνῳ ὕδωρ καὶ περὶ μέτρων μικρῶν καὶ μεγάλων.
333. χθ΄. [Περὶ τῶν λαμβανόντων τόκον καὶ περὶ ἐλεημοσύνης.]
334. χ\|α΄. Περὶ καρπῶν τῶν ἐνεχύρων ληφθέντων.

335. χιά'. Περὶ ἀνδροχωριστοῦ.
336. χιβ'. Περὶ τοῦ ἀποδέοντος ἀνδρόγυνα.
337. χιγ'. [Περὶ τῶν οἰκοδομητῶν ἐὰν βάλωσιν ἄνθρωπον εἰς οἰκοδομὴν στοιχεῖον καὶ ἀποθάνῃ.]
338. χιδ'. [Περὶ τοῦ κόψαντος ξύλον κάρπιμον.]
339. χιε'. [Περὶ τῶν κρατούντων μισθὸν μισθωτοῦ καὶ περὶ δεκατίας.] (Συνόδου λαοδικείας.)
340. χιϛ'. Περὶ ὑψουμένης παναγίας ἐὰν τυχὸν ἀπολεσθῇ.

Περὶ γυναικῶν.

341. χιζ'. [Περὶ πάθη γυναικῶν καὶ πῶς δεῖ αὐτὰς ἐρωτᾶν.]
342. χιη'. [Περὶ γυναικῶν τῶν διὰ φαρμακειῶν ἀναιρουσῶν τὰ ἔμβρυα αὐτῶν.] (Τοῦ νηστευτοῦ.)
343. χιθ'. [Περὶ γυναικὸς ἐὰν φάγῃ βότανον εἰς τὸ μὴ συλλαβεῖν.]
344. χκ'. [Περὶ γυναικῶν ῥιπτουσῶν τὰ νήπια αὐτῶν εἰς τὰς ἀγοράς καὶ ῥούγας.] P. 74.
345. χκά'. [Περὶ γυναικὸς ὑπνούσης καὶ ἀποκτηνάσης τὸ νήπιον ἐν τῷ μαστῷ αὐτῆς ἢ ἀποβάλλει αὐτὸ ἀκουσίως.] P. 69. 75.
346. χκβ'. [Περὶ γυναικὸς καταφρονησάσης τὸ ἑαυτῆς κύημα ἑκουσίως καὶ ἀποθάνῃ.] P. 70. 71.
347. χκγ'. [Περὶ τῆς φαγούσης βότανον καὶ ἀποκτηνάσης τὸ ἔμβρυον ἐν τῇ κοιλίᾳ.] P. 72. 73.
348. χκδ'. Περὶ γυναικῶν φονευτριῶν καὶ μοιχαλίδων.
349. χκε'. [Περὶ γυναικὸς μοιχευομένης καὶ ἀνδρὸς μοιχεύσαντος.]
350. χκϛ'. Περὶ συγγυλισμοῦ καὶ μαλακίας γυναικῶν. P. 63.
351. χκζ'. [Περὶ τῆς συγγινομένης μετὰ ἄλλης γυναικός.]
352. χκη'. [Περὶ τῆς σπογγισάσης μετὰ ζύλμης τὸ σῶμα αὐτῆς εἰς τὸ δοῦναί τινι φαγεῖν ἢ ποτισάσης τινὰ τὸ οὖρος αὐτῆς ἢ τὴν κόπρον.]
353. χκθ'. [Περὶ δούλης δυναστευθείσης ὑπὸ τοῦ αὐθεντὸς αὐτῆς.]
354. χλ'. [Περὶ παιδοφθορίας τοῦ θήλεος.]
355. χλά'. [Περὶ τῆς γεννησάσης τῇ μεγάλῃ ἑβδομάδι.] P. 65.
356. χλβ'. Περὶ συνήθη γυναικῶν. (Τοῦ νηστευτοῦ.) P. 64.
357. χλγ'. [Περὶ τῆς ἐν ῥύσει οὔσης καὶ κοινωνησάσης ἢ ἐντὸς τῆς ἐκκλησίας εἰσελθούσης.]
358. χλδ'. [Περὶ τοῦ πόσας ἡμέρας φυλάττεσθαι τοὺς ἄνδρας ἀπὸ τῶν ἐν ῥύσει οὐσῶν γυναικῶν.]
359. χλε'. [Περὶ τοῦ μὴ ζυμώνειν προσφορὰς τὰς ἐν ῥύσει οὔσας γυναῖκας.]
360. χλϛ'. [Περὶ τοῦ πόσας ἡμέρας ἵστασθαι ἔξω τῆς ἐκκλησίας τὰς ἐν ῥύσει οὔσας.]
361. χλζ'. Περὶ μαιῶν ἤγουν μαμμαΐς.
362. χλη'. [Περὶ γυναικὸς μαυλίστρας καὶ περὶ τῆς ἐνυπτιασθείσης μετὰ ἀνδρός.]
363. χλθ'. [Περὶ γυναικὸς ἐγκρατευομένης καὶ μὴ θελούσης συμμίγνυσθαι τῷ ἀνδρὶ αὐτῆς θαυμαστὸν παράδειγμα.]
364. χμ'. [Περὶ τῆς ἐξ ἀμελείας ἐπικαυτηριάσης τὸ νήπιον αὐτῆς καὶ τελευτήσῃ.]
365. χμά'. [Περὶ τῆς φυσώσης τὸ νήπιον αὐτῆς εἰς τὸ στόμα ἢ εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς μετὰ τὸ γεννηθῆναι.] (Τῶν ἁγίων ἀποστόλων.)

366. χμβ΄. [Περὶ γυναικὸς οὔσης ἐν τοῖς καταμηνίοις εἰ χρὴ δέξασθαι παιδίον ἢ εὐλογηθῆναι μετὰ ἀνδρὸς ἢ ἀλειφθῆναι ἁγίῳ ἐλαίῳ.]

367. χμγ΄. [Περὶ γυναικὸς κλεψάσης τι καὶ μεταμεληθείσης.]

368. χμδ΄. [Περὶ τῶν ποτιζόντων τὰ παιδία αὐτῶν τὰ λεγόμενα ἀντισίκοτα.) P. 76.

---

369. χμε΄. Περὶ τοῦ πότε ἐγένετο τὸ ἅγιον σύμβολον. (Συμεὼν Θεσσαλονίκης.)

370. χμς΄. Περὶ τῶν ἁγίων καὶ οἰκουμενικῶν ἑπτὰ συνόδων πότε ἔγιναν καὶ διὰ τί.

371. χμζ΄ Περὶ τῶν τοπικῶν συνόδων καὶ τῶν κανόνων αὐτῶν.

372. χμη΄. Περὶ τῶν κανόνων τῶν συνόδων.

373. χμθ΄. Περὶ τῶν πε΄ καθολικῶν κανόνων τῶν θείων καὶ ἱερῶν ἀποστόλων.

374. χν΄. Τάξις τῆς προκαθεδρίας τῶν ὁσιωτάτων πατριαρχῶν καὶ αἱ μητροπόλεις καὶ ἀρχιεπισκοπαὶ αἱ ὁποῖαι εὑρίσκονται ὑποκείμεναι τὴν σήμερον τῇ βασιλίδι κωνσταντινουπόλει.

375. χνα΄. Περὶ ποῖοι τῶν μητροπολιτῶν ἔχουσι τὴν σήμερον ἐπισκοπάς.

376. χνβ΄. Περὶ μητροπολιτῶν ποῖοι λέγονται ὑπέρτιμοι καὶ ἔξαρχοι καὶ ποῖοι μόνον ὑπέρτιμοι.

377. χνγ΄. Περὶ τῶν ἀρχιερατικῶν ὀφφικίων.

378. χνδ΄. Περὶ τῶν ἐνεργειῶν τῶν ἀρχιερατικῶν ὀφφικίων.

379. χνε΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς τῷ κοινῷ δεσπότῃ καὶ οἰκουμενικῷ πατριάρχῃ.

380. χνς΄. Περὶ τοῦ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς εἰς τὸν πατριάρχην ἀλεξανδρείας.

381. χνζ΄. Περὶ τοῦ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς τῷ πατριάρχῃ ἀντιοχείας.

382. χνη΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς τῷ πατριάρχῃ ἱεροσολύμων.

383. χνθ΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς τῷ πατριάρχῃ ἀχρειδῶν.

384. χξ΄. Περὶ πῶς γράφει μητροπολίτης πρὸς μητροπολίτην.

385. χξα΄. Περὶ πῶς γράφει μητροπολίτης πρὸς ἀρχιεπίσκοπον.

386. χξβ΄. Περὶ πῶς γράφει μητροπολίτης πρὸς ἐπίσκοπον.

387. χξγ΄. Περὶ πῶς γράφει ἐπίσκοπος πρὸς τὸν μητροπολίτην αὐτοῦ.

388. χξδ΄. Περὶ πῶς γράφει ἐπίσκοπος πρὸς ἐπίσκοπον.

389. χξε΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς τοῖς ἄρχουσι τῆς μεγάλης ἐκκλησίας καὶ πῶς τοῖς κληρικοῖς τῶν ἄλλων ἐκκλησιῶν.

390. χξς΄. Περὶ πῶς γράφουν οἱ ἀρχιερεῖς πρὸς τὸν πρῶτον τοῦ ἁγίου ὄρους.

391. χξζ΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς εἰς ἡγούμενον.

392. χξη΄. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς εἰς τὸν κνέζην τῆς σερβίας καὶ πῶς εἰς τὴν αὐτοῦ ὁμόζυγον.

393. χξθ΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς εἰς ζουπάνον.

394. χο΄. Περὶ πῶς γράφωσιν οἱ ἀρχιερεῖς εἰς ἄρχοντα μέγαν.

395. χοα'. Περὶ πῶς γράφει ἀρχιερεὺς εἰς χρήσιμον ἄρχοντα.
396. χοβ'. Περὶ πῶς γράφει ἀρχιερεὺς ἐνταλτήριον γράμμα ὅταν κάμῃ πνευματικὸν.
397. χογ'. Περὶ πῶς γράφει συμμαρτυρίαν πνευματικὸς πατὴρ πρὸς τὸν μέλλοντα ἱερωθῆναι.
398. χοδ'. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς συστατικὸν γράμμα τοῦ ἱερέως.
399. χοε'. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς ἀπολυτικὸν γράμμα τοῦ ἱερέως.
400. χοϛ'. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς τῷ σταυροπηγίῳ.
401. χοζ'. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς ἀντιμισίῳ.
402. χοη'. Περὶ πῶς γράφουσιν οἱ ἀρχιερεῖς γράμμα περὶ ζητείας μοναστηρίου.
403. χοϑ'. Περὶ πῶς γράφει ὁ ἀρχιερεὺς γράμμα περὶ ζητείας αἰχμαλώτου.
404. χπ'. Περὶ πῶς γράφεται τὸ διαζύγιον ὅταν ἄνδρας κατηγορήσῃ τὴν γυναῖκα πῶς μοιχεύεται καὶ δὲν τὸ ἀποδείξῃ καὶ ϑέλει ἡ γυνὴ νὰ χωρισϑῇ.
405. χπα'. Περὶ πῶς γράφεται τὸ διαζύγιον ὅταν μοιχεύεται ἡ γυνὴ τοῦ ἀνδρὸς καὶ τὸ ἀποδείξῃ.
406. χπβ'. Περὶ πῶς γράφεται τὸ διαζύγιον ὅταν ὁ ἄνδρας δὲν δυνηϑῇ νὰ εὑρεϑῇ σαρκικῶς μετὰ τῆς γυναικὸς αὐτοῦ χρόνους γ'.
407. χπγ'. Περὶ πῶς γράφεται τὸ διαζύγιον ὅταν ὁ ἄνδρας μισεύσῃ καὶ περάσουν χρόνοι ε' καὶ δὲν μάϑῃ ἡ γυναῖκα αὐτοῦ δὲ αὐτοῦ ἅπαξ καὶ ϑέλει νὰ ὑπανδρευϑῇ.
408. χπδ'. Περὶ πῶς γράφεται διαζύγιον ὅταν ὁ ἀνὴρ ἢ ἡ γυνὴ δαιμονίζεται καὶ ϑέλουν νὰ χωρισϑοῦν ἀπ' ἀλλήλων.
409. χπε'. Περὶ πῶς γράφεται διαζύγιον ὅταν ὁ ἄνδρας λείψῃ ε' χρόνους καὶ δὲν ἀποστειλῃ ἔξοδους τὴν γυναῖκα αὐτοῦ.
410. χπϛ'. Περὶ πῶς γράφεται διαϑήκη τοῦ μέλλοντος ἀποϑανεῖν.
411. χπζ'. Εὐχὴ λεγομένη παρὰ ἀρχιερέως ἢ ἱερέως ἢ πνευματικοῦ πατρὸς ἐπὶ τοὺς μέλλοντας μεταλαβεῖν τῶν ἀχράντων μυστηρίων.
412. χπη'. Δήλωσις ἐν ἐπιτόμῳ πασῶν τῶν αἱρέσεων καὶ τῶν αἱρεσιαρχῶν.
413. χπϑ'. Περὶ τῆς τῶν φραγγων καὶ λατίνων αἱρέσεως καὶ πῶς ἀπεσχίσϑη ἡ ῥώμη τῶν ὅ πατριαρχῶν κωνσταντινουπόλεως καὶ τῶν λοιπῶν.
414. χ|'. Σύνοψις μαρτυριῶν τῆς ἁγίας γραφῆς καὶ τῶν ϑείων καὶ ἱερῶν κανόνων κατὰ τῶν λατινικῶν αἱρέσεων ἐκ τῆς ἀποσταλείσης ἐκϑέσεως τῆς λατινικῆς πίστεως παρὰ τοῦ πάπα γρηγορίου πρὸς τὸν ἁγιώτατον πατριάρχην κωνσταντινουπόλεως γερμανόν.
415. χ|α'. Μαρτυρίαι ἐκ τῆς ϑείας γραφῆς κατὰ τῶν τὰ ἄζυμα προσφερόντων.
416. χ|β'. Φωτίου τοῦ παναγιωτάτου πατριάρχου κωνσταντινουπόλεως περὶ τῆς τῶν φράγγων αἱρέσεως ἐκ τῆς ἐγκυκλίου ἐπιστολῆς· οὗτος ἐστὶν ὁ ὀνομασϑεὶς ταράσιος ἀνὴρ σοφὸς καὶ ἡγιασμένος.
417. χ|γ'. Ἐρωτήσεις καὶ ἀποκρίσεις ϑείων πατέρων περὶ πίστεως καὶ κατὰ λατίνων.
418. χ|δ'. Τοῦ χρυσοστόμου ἐκ τοῦ λόγου τῆς κοιμήσεως αὐτοῦ.

Das vorstehende Inhaltsverzeichniss genügt, um die Zusammensetzung dieses νομοκάνονον πλουσιώτατον klar zu stellen. Man sieht sofort, dass es zwei ältere in der Schriftsprache geschriebene κανονάρια zur Grundlage hat: das Eine ein Büchelchen περὶ πνευματικῶν (c. 1—51), das Andere ein κανονάριον, welches in 7 Abschnitte zerfällt (περὶ ἱερέων c. 52—104, περὶ μοναχῶν c. 105—173, περὶ ἱερομονάχων c. 174—187, περὶ μοναζουσῶν c. 188—218, περὶ διακονιτῶν c. 219—234, περὶ κοσμικῶν c. 235—340, περὶ γυναικῶν c. 341—368). Diese κανονάρια sind wohl dieselben, deren Vorkommen in orientalischen Bibliotheken vorhin erwähnt wurde: der von Pawlof herausgegebene Nomokanon ist aus eben solchen Quellen geschöpft, kann aber nicht selbst als Grundlage des νομοκάνονον πλουσιώτατον betrachtet werden. In Letzterem sind die angeführten Grundlagen bereichert durch vielfache Zusätze aus verschiedenen Quellen und allerlei Anhänge (c. 369—418), grösstentheils in der Vulgärsprache. Unter den Quellen der Zusätze ist die jüngste die Grammatik des Theodorus Gaza aus der Mitte des 15. Jahrhunderts (eine Stelle des c. 38 führt die Ueberschrift: ἐκ τῆς γραμματικῆς Θεοδώρου τοῦ γάζη), so dass die Compilation nicht vor dem Ende des 15. Jahrhunderts zusammengestellt worden sein kann. Ob sie nicht einer noch späteren Zeit angehört, mag dahin gestellt bleiben. Unter den Anhängen findet sich eine Notitia episcopatuum, welche dem 17. Jahrhunderte anzugehören scheint (ich habe sie herausgegeben und beleuchtet in den Monatsberichten der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, April 1878), aber die Anhänge können möglicher Weise erst später hinzugefügt worden sein, vielleicht von dem Schreiber der mir vorliegenden Handschrift, der sich am Schlusse als πνευματικὸς ματθαῖος zu erkennen giebt. Dieser Matthäus hat nach 1660 gelebt, indem er in dem voranstehenden Nomokanon des Malaxus Auszüge aus einem Patriarchalschreiben vom J. 1660 aufgenommen hat, und vor 1725, indem die Notiz auf einem Schmutzblatte am Schlusse der Handschrift «καὶ τόδε σὺν τοῖς ἄλλοις ὑπάρχει κάμοῦ ἐζεκιήλ ἱερομονάχου· ὅστις δὲ ἀφαιρέσει αὐτὸ ἔστω ἀφωρησμένος ἀσύγχώρητος καὶ μετὰ θάνατον ἄλυτος. κατὰ τὸ ᾳψκέ δεκεμβρίου κζ'» beweist, dass die Handschrift damals bereits einen neuen Besitzer hatte.)

In der Συλλογὴ τῶν κανόνων Venetiis 1787 klagt in einer Vorrede der Hieromonachus Agapius, der den Druck besorgt hat, ἀπατᾶσθαι πολλοὺς ὑπὸ πολλῶν καὶ διαφόρων χειρογράφων τινῶν Κανονικῶν μύθους ὀθνείους μᾶλλον ἢ κανόνας θείους ἐχόντων, und sagt τὰ ἀνώνυμα ἐκεῖνα Κανονικὰ βλάβην οὐ τὴν τυχοῦσαν τοῖς μετερχομένοις αὐτὰ καὶ ἀπάτην ἐμποιοῦσι. Und in der Vorrede zum Πηδάλιον (Lips. 1800 p. 5) heisst es: δὲν ὑπεφέραμεν νὰ βλέπωμεν εἰς πολλὰ πολλῶν πνευματικῶν χυδαιονομοκάνονα χειρόγραφα κατακερματισμένους τοὺς θείους. . . κανόνας νενοθευμένους κτλ. Die griechische Kirche hat sich mithin in den neueren Zeiten den alten Quellen wieder mehr zugewendet und die mittelalterlichen νομοκάνονα oder κανο-

νάρια verworfen, so dass dieselben nur noch eine historische Bedeutung haben. Eines Studiums derselben verlohnt es sich jedoch immerhin noch insofern, als sie einerseits Quellen für slavische kirchenrechtliche Bücher, wie z. B. Malaxus für die walachische Pravila, geworden sind, andererseits aber einzelne sonst nicht bekannte Patriarchalerlasse uns erhalten haben, wie z. B. zwei Synodalentscheidungen des P. Xiphilinus vom J. 1192 aus des Leo Allatius HS. des Malaxus (vgl. Leo Allatius de Georgiis, ed. Venet. pag. 94), andere dergleichen der Patriarchen Dionysius 1554, Jeremias 1555, Joasaph 1660 aus anderen Handschriften bekannt geworden sind. (Vgl. Sgouta Θέμις VII, pag. 190. 207. 208. Pawloff, pag. 228.)

Von solchen Patriarchalverfügungen will ich zum Schlusse noch einige bisher ungedruckte mittheilen, welche insbesondere geeignet sind, auf Eigenthümlichkeiten der geistlichen Rechtspflege ein helles Licht zu werfen.

Kirchliche Strafen (ἐπιτίμια) und vornehmlich die Excommunication (ἀφορισμὸς) zu verhängen war nach altem Rechte (Basil. III, 1, 21) der competenten geistlichen Behörde nur dann und da gestattet, wann und wo die Kanones eine solche Strafe festgesetzt hatten. Der blosse Ungehorsam gegen Verfügungen der Bischöfe unterlag solchen Strafen an sich noch nicht: rechtsgültige Entscheidungen der Bischöfe in Streitsachen zu vollstrecken, war nicht Sache des geistlichen Amtes, sondern der zu diesem Zwecke angerufenen weltlichen Richter (Basil. III, 1, 37). Die Lage änderte sich aber, als das griechische Reich unter türkische Herrschaft fiel. Da mochte einerseits die Hülfe der weltlichen türkischen Behörde versagen, andererseits mochten Geistliche wie Laien es für wünschenswerther halten dieselbe entbehren zu können. So verfiel man auf den Ausweg, dass die Bischöfe ihre Verfügungen und Entscheidungen unter Bedrohung des Ungehorsamen mit kirchlichen Strafen erliessen. Ladungen von Parteien und Zeugen wurden unter solchem Präjudize erlassen; ja es wurden, um die Wahrheit zu ermitteln, sogar unbekannte Mitwisser streitiger Vorgänge zum Erscheinen als Zeugen unter Androhung der Excommunication aufgefordert; ebenso wurde, um die Ausführung der gefällten Entscheidung zu sichern, dem etwa Ungehorsamen Ausschliessung aus der kirchlichen Gemeinschaft, Versagung christlichen Begräbnisses u. dgl. m. angedroht. Und wie nachdrücklich diese Drohungen und Kirchenstrafen zu wirken pflegten, wird von Geib und von Maurer bezeugt: Arabantinos (in der χρονογραφία τῆς Ἠπείρου II, p. 257) erzählt sogar, dass das Vieh eines Excommunicirten von der gemeinen Weide ausgeschlossen worden sei.

Die Art und Weise der Anwendung der gedachten Massregeln wird besonders klar gestellt durch ein Schreiben des Metropoliten von Larissa an den Patriarchen und drei Verfügungen des Patriarchen Jeremias aus den Jahren 1576 ff., welche ich nunmehr aus dem Cod. Gothanus 386 folgen lassen will.

1.

Συνοδικόν.

Πανιερώτατε μητροπολίτα μιτυλήνης.

Εὐαγγελινὸς ὁ βάπτης ἀνέφερεν ἡμῖν, ὅτι ἠγόρασε πράσει τελείᾳ παρὰ σεβαστῆς τῆς νύμφης τοῦ καρβούνη συκοπερίβολον ἓν· ὅμως φ3όνῳ κινη3εὶς μανολάκης ὁ τοῦ ἀντωνίου, καὶ πείσας τὸν ποτε αὐτόζι ἀλάμπεϊ ὡς πρόσωπον δυνατόν, ἐποίησε σκέψιν ὡς τάχα τοῦ ἀλάμπεϊ χρείαν ἔχοντος τοῦ συκοπερίβολου ἀνάγκη ἦν ἀπαραίτητος καὶ ἀπειλαῖ βαρεῖαι τοῦ παραχωρῆσαι ὃν εἴπομεν πτωχὸν καὶ ἀνίσχυρον εὐαγγελινόν. πλὴν μετ' οὐ πολὺν καιρὸν τούτου τοῦ ἀλάμπεϊ 3ανόντος νῦν ὁ εὐαγγελινὸς ὡς νόμιμος καὶ ἀλη3ὴς δεσπότης τοῦ συκοπεριβολίου ζητεῖ καὶ ἀπαιτεῖ παρὰ τοῦ βη3έντος μανολάκη τοῦ ἀδίκως καὶ βίᾳ κατακρατοῦντος τὸ μούλκιον αὐτοῦ ἐπαναλαβεῖν. διὸ γράφομεν· ἐξέτασον κατὰ τόπον, καὶ εἰ μὲν ὁ βη3εὶς εὐαγγελινὸς γνώμῃ ἑαυτοῦ ἐλευ3έρᾳ καὶ οὐ βίᾳ ἀπέδοτο τὸ συκοπεριβόλιον, ἤδη καλὸν καὶ μηκέτι τοῦτο ζητεῖτω. ἂν δὲ βίᾳ οὗ εἴπομεν αὐ3έντου τοῦ ἀλάμπεϊ ἐπλακώ3η τὸ μούλκιν αὐτοῦ ὑπὸ τοῦ μανολάκη καὶ ἔτι κατακρατεῖται, ἐπιτίμησον τούτῳ τῷ μανολάκη ἀποδοῦναι τῷ εὐαγγελινῷ τὸ συκοπερίβολον ἐν βάρει ἀφορισμοῦ καὶ ἐξώσει τῆς ἐκκλησίας, λαμβάνοντος πλὴν τοῦ μανολάκη τὰ ἑαυτοῦ ἄσπρα πρότερον. ἔρρωσο. μηνὶ ἀπριλλίῳ ἰνδ. ζ'.

2.

Ἱερεμίας ἐλέῳ 3εοῦ ἀρχιεπίσκοπος κωνσταντινουπόλεως νέας ῥώμης καὶ οἰκουμενικὸς πατριάρχης.

Ἱερώτατε μητροπολῖτα ἡρακλείας πρόεδρε τῶν ὑπερτίμων καὶ ἔξαρχε πάσης Θρᾴκης καὶ μακεδονίας ἐν ἀγίῳ πνεύματι ἀδελφὲ τῆς ἡμῶν μετριότητος καὶ συλλειτουργὲ χάρις εἴη σοι καὶ εἰρήνη ἀπὸ 3εοῦ. Μονομάχος ὁ υἱὸς τοῦ 3εοδώρου ἀνήνεγκεν, ὅτι ὁ ἀπόγαμβρος αὐτοῦ ἐπὶ ἀνεψιᾷ ὀνόματι νεραντζιᾷ δῆμος βλάχος κατακρατεῖ τὸ πατρικὸν αὐτοῦ ὀσπήτιον καὶ τὰ ἀμπέλια καὶ χωράφια τὰ πατρικά, ἧς πατρικῆς αὐτοῦ περιουσίας οὗτος ὁ μονομάχος ἐστὶ κληρονόμος. ὁ δὲ δῆμος ξένος καὶ ἀμέτοχος δήπου. διὸ γράφομεν· ἐξέτασον ἡ σὴ ἱερότης, καὶ εἰ οὕτως ἔχει, ὅτι πλησιέστερος κληρονόμος ἄλλος οὐκ ἐστὶ τοῦ ὀσπητίου τούτου καὶ τῆς λοιπῆς περιουσίας εἰ μὴ οὗτος ὁ μονομάχος, ἀνάγκασον τὸν δῆμον ἐάσαι αὐτῷ ταύτην ὡς κατὰ νόμους διαφέρουσαν αὐτῷ. ἂν δ' ἄλλως ποιήσει ἔστω ἀφωρισμένος καὶ ἔξω τῆς ἐκκλησίας χριστοῦ. οἱ δὲ γινώσκοντες τὴν περὶ ταύτης τῆς ὑπο3έσεως ἀλή3ειαν ἐν βάρει ἀφορισμοῦ εἰπάτωσαν αὐτὴν ἐνώπιον τοῦ καδῆ καὶ ὅπου δεήσειεν ἵνα γένηται τὸ δίκαιον. ἡ δὲ τοῦ 3εοῦ χάρις εἴη μετὰ σοῦ. μηνὶ ὀκτωβρίῳ ἰνδ. ε'.

3.

Ἱερεμίας ἐλέῳ θεοῦ ἀρχιεπίσκοπος κωνσταντινουπόλεως νέας ῥώμης καὶ οἰκουμενικὸς πατριάρχης.

Ἐντιμότατε πάπα κὺρ δανιὴλ ὁ ψάλλων ἐν τῷ ναῷ τοῦ μεγάλου νικολάου ἐν τῷ γαλατᾷ χάρις εἴη σοὶ καὶ εἰρήνη ἀπὸ θεοῦ. Ὁ ἀπὸ τῆς ἐνορίας σου μελέτιος ὁ ζηβαῖος ἀνέφερεν ἡμῖν, ὅπως ὁ αὐτόθι δούκας ὁ κάλφας πολλὰ ζημιώσας αὐτὸν τέλος χρεωστεῖ αὐτῷ πρῶτον τὰ πεντακόσια ἄσπρα, ἃ ἔδωκε τούτῳ καὶ ἡμεῖς δοῦναι ἀπεφηνάμεθα καὶ αὐτὸς ὁ δούκας ἔστερξε δώσειν. εἶτα ὀφείλει καὶ ἕτερα ἄσπρα ἑκατὸν ἅτινα κατακρατεῖ ἀ τοῦ λορᾶ. τὸ καθόλου χρεωστεῖ ἄσπρα ἑξακόσια καὶ οὐ προαιρεῖται πληρῶσαι. διὸ γράφομεν, ἀνάγκασον αὐτὸν τὸν δούκαν ἐξισάσαι τὸ τοιοῦτον αὐτοῦ χρέος καθὼς καὶ αὐτὸς ἔστερξεν. ἂν δ' ἄλλως ποιήσῃ, ἔστω ἀφωρισμένος καὶ ἀσυγχώρητος ἀπὸ θεοῦ καὶ ἔξω τῆς ἐκκλησίας χριστοῦ. ἂν δὲ συμβῇ αὐτῷ θανεῖν οὐδὲ ταφῆς ἀξιωθήσεται ἐὰν μὴ πρότερον πληρώσῃ. ἀνάγνωθι καὶ τὸ παρὸν γράμμα παρρησίᾳ ὡς ἓν ὂς ἵνα καὶ ἡ τοῦ θεοῦ χάρις εἴη μετὰ σοῦ.

4.

ἀπὸ τρίκκης εἰς κωνσταντίνου.

παναγιώτατε ἡμῶν αὐθέντα καὶ δέσποτα θειότατε ἀρχιεπίσκοπε κωνσταντινουπόλεως νέας ῥώμης καὶ οἰκουμενικὲ πατριάρχα. ἐλπὶς ἡμῶν εἰς θεὸν ἐστιν ὑγιαίνειν τὴν σὴν παναγιότητα εἰς ἐτῶν πολλῶν περιόδους. ὑπόθεσίν τινα ἀναφέρομεν τῇ σῇ παναγιότητι. ἄνθρωποί τινες ὀνόμασι συναδηνὸς σταμούλης μετρηνὸς καὶ γεωργούσης ἐδανείσθησαν παρά τινος ἄρχοντος τούρκου ἄσπρα χιλιάδας πεντήκοντα ἵνα ἀποδίδωσιν αὐτῷ τὰ δέκαδώδεκα τὸν χρόνον ἤγουν ἵνα δίδωσι δέκα χιλιάδας τόκον διὰ τὰς πεντήκοντα ἐκείνας. ἐποίησαν οὖν τὰ ἄσπρα ἐκεῖνα ἐν ταῖς χερσὶν αὐτῶν χρόνους πέντε, καὶ διδόντων αὐτῶν ἀνὰ δέκα χιλιάδας τὸν χρόνον εἰς τοὺς πέντε χρόνους τούτους ἀπεδόθησαν αὐτῷ χιλιάδες πεντήκοντα. τέλος ζητοῦντος τοῦ ἄρχοντος ἐκείνου τούρκου τοῦ καὶ παλούμπεϊ ὀνομαζομένου τὰς πεντήκοντα χιλιάδας, ἐκεῖνοι οἱ δανεισθέντες δύο μόνοι ἐκ τῶν τεσσάρων, ὁ συναδηνὸς καὶ ὁ μετρηνὸς, ἀπελογοῦντο λέγοντες ὅτι ἔλαβες τόκον περισσὸν τοὺς πέντε χρόνους καὶ ἤδη ἔλαβες τὰς πεντήκοντα χιλιάδας. καὶ δὴ καὶ εἰς τὸν καδδὴν πορευθέντες μετ' αὐτοῦ κατέκριναν αὐτὸν μηδὲν λαβεῖν ἐξ αὐτῶν. ἐκεῖνος δὲ μηδὲν ἔχων ποιῆσαι αὐτοὺς ἐκράτησε τὸν σταμούλην καὶ τὸν γεωργούσην καὶ ἔλαβεν ἐξ αὐτῶν τὸν δύο ἅπαντα τὰ ἄσπρα ἐκεῖνα καὶ ἔτι πειράζων ἐπεζήτει εἰς τὸ μέρος ἐκείνων καὶ ἔλαβε τοῦτο παρὰ τῶν ἄνωθεν λεχθέντων, τοῦ σταμούλη καὶ τοῦ γεωργούση. ἐκεῖνοι δὲ, ὁ συναδηνὸς καὶ ὁ μετρηνὸς, οὐδὲν τοῦ κεφαλαίου ἀπέδωκαν. ὥστε καὶ ὁ μετρηνὸς φυγὰς ὤχετο εἰς τὰ ἰωάννινα. περὶ τούτου δεόμεθα τῆς σῆς παναγιότητος, ἀδικηθέντων τοῦ σταμούλη καὶ τοῦ γεωργούση, καὶ ἀποδόντων καὶ τὸ μέρος ἐκείνων, ἵνα εὐεργετήσῃς ἡμῖν γράμμα τίμιον τῆς σῆς παναγιότητος ἀφωρισμένον πρὸς ἐκείνους, ἓν μὲν εἰς τὰ ἰωάννινα διὰ τὸν μετρηνὸν ὅτι ἐκεῖσε ὑπάρχει, ἕτερον δὲ πρός με

διὰ τὸν συναδηνὸν ὄντα ὧδε ἐν τῇ ἡμετέρᾳ ἐπαρχίᾳ, ὡς ἂν ἀποδῶσι καὶ αὐτοὶ τὲ ἀναλογον αὐτῶν τοῖς πληρώσασι τοῦτο τέλειον δὶ αὐτοὺς ἤτοι τῷ σταμούλη καὶ γεωργούση. αἱ ϑεοπειϑεῖς εὐχαὶ τῆς σῆς παναγιότητος εἴησαν μεϑ' ἡμῶν.

ὁ λαρίσσης ἱερεμίας καὶ δοῦλος τῆς σῆς παναγιώτητος.

Am Rande steht (— und Steph. Gerlach bemerkt dazu: Manus propria Damasceni metropolitae Naupacti qui anno 78 obiit —): καὶ τοῦτο ἐμαρτυρήϑην κατέμπροσϑέν μου διὰ μαρτύρων ἀξιωπίστων καὶ διὰ τὸ κριϑήναι ἐξοτερικῶς οὐ δύναμαι ἐκβαλεῖν τὸν συναδηνὸν τῆς ἐκκλησίας ὁμοίως καὶ τὸν μετρινὸν καὶ διὰ τοῦτο ποίησον τὴν ἀπόφασιν ἡ παναγιώτησου ὅπως ἔλαβες εἰς σύμβασιν.

Ouvrages publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. II, № 3. **Schirren, C.** Beitrag zum Verständniss des Liber Census Daniae. Analyse und Kritik der Schrift Georgs von Brewern: Der Liber Census Daniae und die Anfänge der Geschichte Harriens und Wirlands (1219 — 1244). 1859. Pr. 1 R. 15 K. = 3 Mk. 80 Pf.

T. III, № 3. **Langlois, V.** Essai historique et critique sur la constitution sociale et politique de l'Arménie sous les rois de la dynastie Roupénienne, d'après les documents orientaux et occidentaux conservés dans les dépôts d'archives de l'Europe. 1860. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IV, № 6. **Langlois, V.** Extrait de la chronique de Sempad, Seigneur de Babaron, connétable d'Arménie, suivi de celle de son continuateur, comprenant l'histoire des temps écoulés depuis l'établissement des Roupéniens en Cilicie, jusqu'à l'extinction de cette dynastie. Traduit pour la première fois de l'arménien, sur les éditions de Moscou et de Paris. 1862. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 9. **Brosset, M.** Analyse critique de la «Всеобщая Исторія» de Vardan, édition princeps du texte arménien et traduction russe par M N. Émin. 1862. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. VI, № 6. **Brosset, M.** Description des monastères arméniens d'Haghbat et de Sanahin, par l'archimandrite Jean de Crimée, avec notes et Appendice... (en russe). 1863. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Zachariae von Lingenthal.** Zur Kenntniss des römischen Steuerwesens in der Kaiserzeit. 1863 Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. VIII, № 3. **Zachariae von Lingenthal.** Beiträge zur Geschichte der Bulgarischen Kirche. 1864. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 10. **Brosset, M.** Inscriptions géorgiennes et autres recueillies par le Père Nersès Sargisian et expliquées. Avec 4 pl. 1864. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IX, № 6. **Zachariae von Lingenthal.** Eine Verordnung Justinian's über den Seidenhandel aus den Jahren 540 — 547. 1865. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 7. **Chwolson, D.** Achtzehn hebräische Grabschriften aus der Krim. Ein Beitrag zur biblischen Chronologie, semitischen Paläographie und alten Ethnographie. Mit 9 Tafeln. 1865. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. X, № 9. **Bruun, Ph.** Notices historiques et topographiques concernant les colonies italiennes en Gazarie. 1866. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. XI, № 13. **Brosset, M.** Études de chronologie technique. Première partie. 1868. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

№ 18. **Brosset, M.** Études de chronologie technique. Première partie. Suite. 1868. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

T. XIII, № 4. **Steinschneider, M.** Al-Farabi (Alpharabius), des arabischen Philosophen Leben und Schriften, mit besonderer Rücksicht auf die Geschichte der griechischen Wissenschaft unter den Arabern. 1869. Pr. 2 R. 10 K. = 7 Mk.

№ 5. **Brosset, M.** Histoire chronologique par Mkhithar d'Aïrivank, XIII^e^ S., traduite de l'arménien, sur le manuscrit du Musée asiatique. 1869. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 3. **Euting, Jul.** Punische Steine. Mit 46 Tafeln. 1871. Pr. 4 R. 50 K. = 15 Mk.

T. XIX, № 5. **Brosset, M.** Des historiens des XVII^e^ et XVIII^e^ siècles. Arakel de Tauriz, registre chronologique. 1875. Pr. 50 K. = 70 Pf.

T. XXIII, № 1. **Dorn, B.** Caspia. Ueber die Einfälle der alten Russen in Tabaristan, nebst Zugaben über andere von ihnen auf dem Kaspischen Meere und in den anliegenden Ländern ausgeführte Unternehmungen. Mit 2 Tafeln. 1875. Pr. 4 R. = 13 Mk. 30 Pf.

№ 6. **Zachariae von Lingenthal.** Beiträge zur Kritik und Restitution der Basiliken. 1877. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 7. **Zachariae von Lingenthal.** Die griechischen Nomokanones. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXIV, № 1. **Harkavy, Alb.** Altjüdische Denkmäler aus der Krim, mitgetheilt von Abraham Firkowitsch (1839—1872). Mit 1 Tafel. 1877. Pr. 2 R. 50 K. = 8 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 8.

STUDIEN

ÜBER DIE

FOSSILEN REPTILIEN RUSSLANDS.

VON

W. Kiprijanoff.

I. THEIL.

GATTUNG ICHTHYOSAURUS KÖNIG

AUS DEM SEVERISCHEN SANDSTEIN ODER OSTEOLITH DER KREIDE-GRUPPE.

Mit 19 Tafeln.

(*Lu le 31 octobre 1879.*)

11357
JAN 16 1882

ST.-PETERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 2 R. 45 Kop. = 8 Mk. 20 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 8.

STUDIEN

ÜBER DIE

FOSSILEN REPTILIEN RUSSLANDS.

VON

W. Kiprijanoff.

I. THEIL.

GATTUNG ICHTHYOSAURUS KÖNIG

AUS DEM SEVERISCHEN SANDSTEIN ODER OSTEOLITH DER KREIDE-GRUPPE.

Mit 19 Tafeln.

(*Lu le 31 octobre 1879.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 2 R. 45 Kop. = 8 Mk. 20 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juli 1881. C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Inhalt.

Seite.

Einleitung 1

Sp. *Ichthyosaurus Compylodon* Carter 33

Von den Ueberresten des *Ichth. Comp.* Carter aus dem Sewerischen Osteolith im Allgemeinen ... 37

Von den Zähnen des Ichthyosaurus aus dem Sewerischen Osteolith 41

Kopfknochen des *Ichth. Comp.* Carter aus dem Sewerischen Osteolith 61

Die Knochen des Rumpfes von *Ichth. Comp.* Carter aus dem Sewerischen Osteolith 68

Die Knochen der vordern und hintern Gliedmassen oder Flossen 72

Untersuchung der Knochengewebe des *Ichth. Comp.* Carter aus dem Sewerischen Osteolith 74

Ergebnisse der erläuternden Untersuchungen 80

Erklärungen der Tafeln 93

Einleitung.

Die Geschichte der Entdeckung und Erforschung der Ichthyosauren ist ausführlich behandelt worden von:

Dr. Andreas Wagner. Beiträge zur Unterscheidung der im Süddeutschen Lias vorkommenden Arten von Ichthyosaurus mit einer Taf. p. p. 485—538 (vergl. Bd. VI, Abth. 2 der Abhandlungen der Königl. Bayerischen Acad. der Wissensch. zu München 1851).

F. A. Quenstedt. Handbuch der Petrefactenkunde 1852.

Dr. Georg Friedrich von Jäger. Ueber eine neue Species von Ichthyosauren (Ichthyosaurus longirostris: Owen und Jäger), nebst Bemerkungen über die Uebrigen in der Liasformation Württemberg's aufgefundenen Reptilien mit einer Tafel. 1856.

Diese, in jeder Hinsicht merkwürdigen und schon längst ausgestorbenen Thiere, gehören vorzüglich zur Lias-Periode. Als die Zeit ihres ersten Auftretens wird die Zeit der Ablagerung der unteren Muschelkalkschicht angenommen, in der auch der älteste Repräsentant dieser Gattung Thiere — der *Ichthyosaurus atavus Quenstedt* — im Schwarzwalde entdeckt wurde. Die im Kimmeridgelehm, im Solnhofer Schiefer, im Grünsande von Cambridge und in der unteren Kreideschicht zu Kent gefundenen Ichthyosaurus-Ueberreste sind die allerletzten der uns bis dato bekannten Repräsentanten der Ichthyosauren.

Die Auffindung der *Sauropterygia Owen* beschränkt sich bloss auf die untere Schicht der Juraformation und auf die Formation des untern Grünsandes, wenn man nicht die Mittheilung W. Hisingers, (vergl. Neues Jahrb. für Miner., Geogn., Geol. und Petrefactenkunde von Dr. K. C. von Leonhard und Dr. H. G. Bronn. 1835. p. 675) über die Entdeckung eines Plesiosaurusskelet's im Alluvialboden, berücksichtigt.

Es ergiebt sich, dass in Folge der Untersuchungen, denen ich den Severischen Osteolith noch im Jahre 1848 unterworfen habe, ohne Zweifel bestimmt werden kann, dass der Ichthyosaurus im Grünsande des europ. Russland's gefunden worden ist und dass bei uns

aus demselben Boden Reste von Sauropterygien herrühren, wodurch auch die Grenzen der damaligen Verbreitung dieser Thiere einigermassen erweitert werden.

Genaue Beschreibungen der Organisation der Ichthyosauren finden wir in folgenden Werken:

De-la-Beche and Conybeare. Notice of the discovery of a new fossil Animal, forming a link between the Ichthyosaurus and Crocodile, together with general remarks on the Osteology of the Ichthyosaurus (vergl. Transac. of the Geol. Society vol. V. Ser. 1. 1821. Art. 30. p. p. 559—595. Pl. 40—42) and Additional Notices on the fossil Genera Ichthyosaurus and Plesiosaurus by the Rev. William D. Conybeare (Transac. vol. I. Ser. 2. 1824. Art. 9. p. 103. Pl. 15—21). On the Discovery of a most perfect Skeleton of the Plesiosaurus dolichodeurus W. D. Conybeare (vergl. Transac. vol. I. Ser. 2. 1824. Art. 21. p. 381. Pl. 48. 49.). Coprolithes Pl. 28—31. (vergl. Transac. vol. III. Ser. 2. 1835.)

P. Grey Egerton Bart. Certain Peculiarities in the cervical vertebrae of the Ichthyosaurus (vergl. Transac. vol. V. Ser. 2. Part. 1. 1840. Art. 15. p. 187. Pl. 14.)

R. Owen. Note on the dislocation of the tail on a certain point observable in the skeleton of many Ichthyosauri (vergl. Transac. vol. V. Ser. 2. Part. 3. 1840. Art. 36. p. 511. Pl. 42.) and a description of some of the soft parts with the integument, of the hindfin of the Ichthyosaurns indicating the shape of the fin when recent (vergl. Transac. vol. VI. Ser. 2. Art. 19. p. 199. Pl. 20.) and Odontography 1840—1845.

G. Cuvier. Ossements fossiles. Tom. X. 1836.

W. Buckland. Géologie et Minéralogie, traduite par M. L. Doyère. 1838.

T. Hawkins. Esq. Memoires of Ichthyosauri and Plesiosauri. 1834.

H. G. Bronn. Ueber Ichthyosauren in den Lias-Schiefern der Gegend von Boll in Württemberg. p. p. 385—408. Tf. 3 u. 4 und nachträgliche Beobachtungen an Ichthyosauren p. p. 673—676 (vergl. Neues Jahrbuch für Mineral., Geogn., Geol. und Petrefactenkunde von Dr. K. C. von Leonhard und Dr. H. G. Bronn, Jahrgang 1844 und Lethaea-Geognostica Bd. III. 1853—1856).

H. v. Meyer. Palaeontographica, Bd. VII, X, XI, XIII und XV.

Dr. C. Theodori. Beschreibung des Ichthyosaurus trigonodon zu Banz. 1854.

H. B. Geinitz. Grundriss der Versteinerungskunde. 1845.

E. G. Giebel. Fauna der Vorwelt. Bd. I. Abth. 2. 1847 und Odontographie. 1855.

F. I. Pictet. Paléontologie Tm. 1. 1853.

Dr. Franz Leydig. Lehrbuch der Histologie 1857 und die Beiträge zur mirkroscopischen Anatomie der Rochen und Haie. 1852.

Dr. A. Kölliker. Handb. der Gewebelehre. 1852.

Dr. V. Carus. Handb. der Zoologie Bd. I. 1868—1875.

Dr. C. Gegenbaur. Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere: Heft 1. Carpus und Tarsus 1864, Heft 2. Schultergürtel der Wirbelthiere und Brustflosse der Fische 1865, Heft 3. Das Kopfskelet der Selachier 1872 und zur vergleichenden Ana-

nomie der Wirbelsäule 1862, über das Skelet der Gliedmassen der Enaliosaurier (Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft Bd. V. Heft 3. mit 4 Tf. 1870. p. p. 332—349. Tf. 13. u. Heft 4. p. p. 397—458. Tf. 15 u. 16) und Grundriss der vergleichenden Anatomie 1874.

Dr. E. Eichwald. Lethaea Rossica vol. 2. 1865—1868.

Alexander Pander. De Dentium Structura. Dissert. inaugur. St. Petrop. 1856.

Robert Baume. Bemerkungen über die Entwickelung und den Bau der Säugethiere. Inaug.-Dissert. Leipzig 1875.

Nach Allem zu urtheilen, war der Organismus dieser sich ausschliesslich im Meere aufhaltenden, jedoch vermittelst Lungen athmenden Thiere vorzüglich zum Schwimmen, sowohl in horizontaler, als in verticaler Richtung, zum Untertauchen in die Tiefe des Meeres und Wiederauftauchen geeignet. Durch irgend einen Zufall aber ans Ufer geworfen, mussten diese Thiere ebenso hülflos und unbeweglich liegen bleiben, wie wir dieses an den Wallfischen der Jetztzeit beobachten, da ihre Flossen keine mit Krallen versehenen Zehen oder Finger besassen und nicht im Geringsten zur Fortbewegung des schweren Körpers auf dem Trocknen adaptirt waren.

Der Ichthyosaurus bildet gleichsam die Uebergangsform von den Eidechsen und Krokodilen zu den Fischen.

Die Hauptähnlichkeit zwischen Ichthyosauren und Fischen besteht in der sonst den Fischen eigenthümlichen, sehr tiefen Concavität der Gelenkflächen an den Wirbeln oder Centren und in der geringen Länge der Wirbel im Vergleich mit ihrer Breite und Höhe, sowie auch in der Kürze des Halses, welcher aus 4 oder 5, schon von dem zweiten an, mit ziemlich langen Rippen versehenen Wirbeln besteht. Ausserdem findet man in der Flosse dieser Thiere eine unbestimmte Anzahl von Fingerknochenreihen, welche ebenfalls aus einer grossen und unbestimmten Anzahl von kleinen, flachen Knöchelchen bestehn, was auch dem Unterschiede zwischen Fischen und Thieren höherer Organisation entspricht. Man sieht hieraus, dass dem Körperbau der Ichthyosauren diejenige Beschaffenheit fehlte, welche die höheren Reptilien auszeichnet. Wenn man aber die Organisation dieser Thiere als eine, im Vergleich mit derjenigen der jetzt existirenden Eidechsen, niedrigere betrachtet, so kann dennoch kein Schluss zu Gunsten der Vervollkommnung der Organisation der Eidechsen gezogen werden, (nicht einmal vermittelst der Ichthyosauren) denn letztere Thiere, wie auch alle Saurier, nehmen im Vergleich mit dem grössten Theile der in der Permischen Formation und in der Trias-Gruppe angetroffenen Eidechsen, eine niedrigere Entwickelungsstufe ein.

Bei einer gewissen Flossenbildung, wie bei den Ichthyosauren und den Enaliosauren, bemerkt man im Allgemeinen, dass die Flossen verstärkt werden durch die grössere oder mindere Verkürzung der Knochen: humerus, ulna, radius, femur, tibia und fibula. Dabei übertrifft bei manchen Arten von Ichthyosauren das vordere Flossenpaar an Grösse die Hinterflossen und stützt sich wie bei den Eidechsen auf breite Brustknochen, die einen sehr

festen und starken Brustgürtel bilden. Nach dem Brustgürtel folgt der Bauch, welcher von vorn herein eine ausserordentliche Grösse annimmt, wie auch die langen, obwohl sehr dünnen Rippen sehr deutlich bezeugen. Hieraus kann man schliessen, dass die Kraft des ganzen Körpers bei diesem Thiere hauptsächlich im Brustgürtel concentrirt war und dass näher zum Schwanz bei den Ichthyosauren die Kraft des Organismus gleichsam abnahm. Doch, falls der Ichthyosaurus, wie R. Owen meint, eine Schwanzflosse hatte, so entsteht daraus eine noch grössere Aehnlichkeit sowohl mit den quermäuligen Haien (Plagiostomata), als auch mit den schaufelflossigen Thieren (Pinnipedia). Jedenfalls muss der Schwanz bei den Ichthyosauren sehr lang und ein starkes Werkzeug zum Schwimmen gewesen sein.

Der Kopf des Ichthyosaurus mit seinem langen, zugespitzten Maule, bietet einige Aehnlichkeit mit dem Kopfe eines Delphins; die Augen aber waren viel grösser und der Augapfel hatte zum Schutze einen besonderen Ring, aus knöchernen Plättchen. Der Rachen des Ichthyosaurus enthielt 120 bis 260 Zähne. Diese Zähne standen in einer Reihe und beim Schliessen des Rachens legten sich die obern Zähne in die Zwischenräume der untern und passten die Zahnreihen fest in einander. Die Zähne dieser Thiere sassen in den Längsrinnen des Kiefers, in welchen die Theilung in einzelne Alveolen schwach angedeutet war. Alle fossilen Zähne dieser Art, welche eine konische, mit Schmelz bedeckte, gewöhnlich gerippte Krone haben und auf einer mehr oder weniger breiten, festen, grobgerippten und mit dicker Cementschicht bedeckten Wurzel sitzen, erklärte R. Owen als zur Gattung Ichthyosaurus gehörig erst nach der Herausgabe des Werkes von Sr. Everand Home über die Ueberreste dieses Thieres, welches von Sr. Home Proteosaurus benannt wurde; doch ungeachtet der Autorität, welche dieser Gelehrte durch seine Kenntniss der vergleichenden Anatomie noch vor G. Cuvier erworben hatte, wurde diese Benennung des neuentdeckten fossilen Thieres nicht von andern Gelehrten beibehalten, sondern wich der mehr classisch entsprechenden Benennung Ichthyosaurus, welche Ch. König vorgeschlagen hatte.

Bei der Beschreibung der fossilen Fische aus dem Severischen Osteolith sprach ich die Meinung aus, dass die in demselben vorgefundenen und durcheinander gemengten Knochen grösserer Wirbelthiere ihre Erhaltung bloss ihrer ausserordentlichen Festigkeit zu verdanken hätten und dass man in diesem Boden vergeblich ein vollständigeres Skelet suchen würde. Ausserdem sind diese Knochen jetzt beim Auffinden sehr mürbe und zerbröckeln bei der geringsten Unvorsichtigkeit.

Obwohl meine Sammlung von Knochen aus dem Severischen Osteolith, im Vergleich zu dessen Verbreitung, im Ganzen sehr unbedeutend ist, so sollte man doch glauben, dass der von diesem Gestein eingenommene Raum ganze Massen derartiger Thierleichen enthalten hat und dass die Knochen derselben den wichtigsten Bestandtheil jenes phosphorsauren

Cements lieferten, dessen zähe Lösung, durch den Sand dringend, an den abschüssigen Meeresküsten eine Schicht gebildet hat, welche mit der Zeit stellenweise zu einer festen Steinmasse erhärtete.

Die Knochen der auf dem Trockenen lebenden Säugethiere, Vögel, Eidechsen und Fische, bieten ziemlich bestimmte Unterschiede dar.

Die Fische zeichnen sich durch eine besondere Form ihrer Knochen aus und fast immer durch die Abwesenheit der langen Knochen der Extremitäten. Die Structur des Gewebes dieser Knochen erscheint unter dem Mikroskope (wie aus meiner Abhandlung über fossile Fische erhellt) sehr mannigfaltig hinsichtlich des Verhaltens der Medullarkanäle, Knorpelzellen, ihrer Verkalkung und des Auftretens von Knochenkörnern, die mitunter sehr lange Ausläufer haben. J. W. Griffith und A. Henfrey (Micrographic Dictionary 1856. p. 92) behaupten, dass in den Fischknochen keine die Medullarkanäle umfassenden concentrischen Massenschichten wahrzunehmen sind, dass die Haver'schen Canäle bei manchen Fischen garnicht vorhanden sind, während man sie bei anderen, in grosser Anzahl und von beträchtlichem Umfange antrifft. Knochenkörner bemerkt man zuweilen auch nicht; ihre Sprossen aber erscheinen sehr lang, wellig und ausserordentlich verästelt.

Die Eidechsenknochen bestehn, wie F. J. Pictet (Paléontologie Tm. 1. p. 126) sagt, aus einförmigerem Gewebe. Die Enden derselben (Gelenkköpfchen) haben ein mehr dichtzelliges Gewebe, als die der Säugethiere und Vögel; die Knochenkörper selbst aber bieten keine röhrenförmigen Knochen aus dichtem Gewebe dar, sondern bestehn fast aus demselben Gewebe, wie die Gelenkenden. Die Oberfläche dieser Knochen hat viele Poren, ist uneben und mit vielen Furchen bedeckt. Die äussere Gestalt der Eidechsenknochen ist nicht so vollkommen ausgebildet, wie bei den Landsäugethieren; die Knochenfortsätze und vorstehenden Winkel treten nicht so deutlich hervor und ihre Gelenkflächen sind nicht so scharf von den übrigen Theilen der Knochen abgegrenzt.

Freilich muss man sich bei der Beurtheilung der fossilen Knochen an zwei Hauptregeln der vergleichenden Anatomie halten: 1) Uebereinstimmung in der Organisation und 2) Gleichheit im Character der Function der Theile. Erstere begründet sich darauf, dass alle Thiere, so viel uns bis jetzt bekannt, aus denselben, ähnlich disponirten Theilen bestehn; das zweite Gesetz beruht darauf, dass alle Theile des Organismus mit dem bestimmten Zwecke: dem Thiere seine, ihm eigenthümliche Lebensweise zu sichern, disponirt sein müssen. Auch muss man bei Beurtheilung der fossilen Knochen den Grössenmaassen der Säugethierknochen keine übertriebene Bedeutung beilegen (Pict. Paléont. p. 426), doch noch vorsichtiger muss man bei der Angabe in Bezug auf die Eidechsenknochen sein, wo das Grössenverhältniss bloss als Hülfskennzeichen auftritt, da diese Thiere sogar nach vollkommener Ausbildung ihrer Gestalt und nach erreichter Verknöcherung ihres Skelets noch lange wachsen, selbst in der Periode, wo Thiere höherer Ordnung schon eine bestimmte, kaum merkbar veränderliche Grösse erreicht haben.

Dieses ist eben die Ursache, weswegen Missverständnisse und sogar Fehler bei der Bestimmung der Knochen vorkommen.

Selbst das Studium der einzelnen Zähne dieser Thiere (Pictet Paléont. p. 426) kann in diesem Falle keine so positiven Kennzeichen bieten, wie bei den Säugethieren, weshalb es vielleicht besser wäre, nicht auf Grund mangelhafter Beweise neue Species zu bilden.

Wenn man die Beschreibungen der verschiedenen Ichthyosaurusarten liest, kommt man unwillkürlich zu der Ueberzeugung, dass die charakteristischen Kennzeichen unzulänglich angegeben sind und bleibt es oft vollständig unklar, ob das angegebene Kennzeichen in der That die Species charakterisirt, oder ob es nicht vom Alter, oder sogar von einer zufälligen Formveränderung abhängt.

Wenn eine Sammlung von Petrefacten eine grosse Anzahl von Exemplaren darbietet, welche alle einer Thierart gehörten, so bemerkt man häufig, sagt Dr. C. Theodori, derartige Uebergänge in der Form ganzer Skelete, oder nur an einigen Theilen derselben, dass es sehr schwierig wird die Grenzen der Speciesunterabtheilungen zu ziehen, weil zur Unterscheidung der Species die bemerkbaren Unterschiede eines einzelnen Theiles nicht von solcher Wichtigkeit sind, wie eine Anzahl solcher, mit einander in Verbindung stehenden Unterschiede, zumal, da bisweilen ganze Schädel und Zähne zu einer solchen Bestimmung nicht hinreichend sind, denn mehre derartige Thiere sind einander hinsichtlich der Zähne und des Schädels ganz gleich, bieten aber Verschiedenheiten in den übrigen Theilen ihres Gerippes und die Zähne einer und derselben Zahnreihe bieten Formverschiedenheiten dar. Auch trifft man oft merkwürdige Verschiedenheiten in den Grössenverhältnissen der Köpfe bei Thieren einer und derselben Species und von gleichem Alter.

Die Gestalt der Flossenknochen kann wegen ihrer Veränderlichkeit auch nicht zur Bestimmung der Species dienen: dasselbe müssen wir auch hinsichtlich der Dimensionen des ganzen Thieres bemerken, nämlich, dass man auch diesem Umstande keine besondere Bedeutung beilegen kann, denn es ist uns ja bekannt, welches Alter die Individuen hatten, deren Ueberreste wir jetzt auffinden und welche Dimensionen diese Thiere gewisser Species bei vollkommener Entwickelung erreichen konnten. Jedenfalls bietet die Form der Gelenke oder der Knochenverbindungen ein weit wichtigeres Kennzeichen, als die Form der Theile selbst, denn die Form der Knochen deutet meist auf eine individuelle Eigenthümlichkeit der Thiere hin, während die Form der Gelenke die diesem oder jenem Theile des Gerippes zukommende Eigenthümlichkeit des organischen Typus andeutet, was schon eher als ein sicheres Kennzeichen angenommen werden kann.

Dr. C. Theodori bemerkt sehr richtig, dass nicht alle Theile des Skelets für die Bestimmung der Species von gleicher Bedeutung sind. Nach seiner Meinung (mit der ich übrigens in vieler Hinsicht nicht einverstanden bin, theils der beschränkenden Bedingungen, als auch der mangelhaften Folgerungen wegen) nehmen bei Bestimmung der Species der Ichthyosauren die Wirbel und der rabenschnabelartige Knochen (os coracoideum) die erste Stelle ein, weil diese Knochen in allen Species eine bestimmte, eigenthümliche Gestalt bei-

behalten, die sich in keiner Altersstufe verändert. Die zweite Stelle in dieser Hinsicht kommt, seiner Meinung nach, dem Schulterblatt (scapula) zu, weil dieser Knochen sich bei den verschiedenen Species auch durch seinen eigenthümlichen Typus auszeichnet, doch seine Form verändert sich in gewissen Grenzen, dem Anscheine nach, mit dem Alter des Thieres, weshalb dieser Knochen Irrthümer verursachen kann. Die Rippen und selbst die Zähne können meistentheils, nach Dr. Theodori's Meinung, nur die dritte Stelle einnehmen, weil sie bei einigen Species dieser Thiere ein ganz gleiches Aussehen haben und nur zusammen mit andern Theilen des Skelet's zur Species-Bestimmung beitragen können. Bei alle dem pflichte ich jedoch denjenigen Naturforschern bei, welche in dem Zahnsystem auch der Ichthyosauren nach genauem und vielseitigem Studium eines der wichtigsten Kennzeichen zur Speciesbestimmung dieser Thiere erkennen. Die Zähne der Ichthyosauren stehen den Krokodilzähnen wegen ihrer Form sowohl, wie auch wegen ihrer Lagerung im Rachen des Thieres, am nächsten.

Hinsichtlich der Grösse gehören die grössten dieser Thiere dem Ichthyosaurus trigonodon Th. an, und die kleinsten dem Ichthyosaurus tenuirostris Conyb.

Der Ichthyosaurus besitzt in beiden Kiefern je eine Reihe von Zähnen, welche so gelagert sind, dass die Zähne des Oberkiefers in die Zwischenräume der Zähne des Unterkiefers hineinpassen; die Zähne sind alle von verschiedener Grösse. Man kann vermuthen, dass die Hinter- und Vorderzähne im Kiefer von geringerer Grösse, und ausserdem die Vorderzähne auch schlanker als die Hinterzähne waren, und dass die Krone der Vorderzähne etwas gebogen war. Die grössten dieser Zähne sowohl im Ober- als im Unterkiefer befanden sich vorzüglich in der Mitte der Kinnladen, etwas näher nach vorn. Das Verhältniss der Dicke des Zahnes zu seiner Höhe schwankt von $^1/_2$ bis $^1/_4$. Die Wurzeln der Oberkieferzähne müssen grösser und dicker gewesen sein, als die Zahnwurzeln des Unterkiefers. Die grossen Zähne aus dem Unterkiefer sind gerader und ihre Kronen befanden sich auf nicht so dicken aber in der Richtung zur Kinnlade hin — etwas breiter werdenden Wurzeln.

Die Zähne sind von verschiedener Grösse, besonders im Kiefer von Thieren, welche schon die Periode des Zahnwechsels erreicht haben. Der Zahnwechsel muss bei den Ichthyosauren ziemlich früh eingetreten sein. Man findet junge Zähne in noch nicht ganz ausgewachsenem Zustande neben einem alten Zahne sitzen, was die Verschiedenheit der Zähne noch mehr vergrössert und darauf hinweist, dass bei den Ichthyosauren der Zahnwechsel auch allmählig vor sich ging.

Die Zähne der Ichthyosauren bestehn aus dichtem Dentin (Zahnbein oder festes Dentin), welches an der Zahnbasis mit einer dicken Cementschicht (körniger Knochen, oder Knochendentin) und am Kronentheile mit Email (Vitrodentin) bedeckt ist, das wieder von einer dünnen Cementschicht überzogen wird. Die Innen- oder Markhöhlung (pulpcavity) im Zahne hat ganz die Gestalt des Zahnumrisses; sie erstreckt sich ein wenig höher über den Zahnhals hinauf und endet unten als ein erweiterter Raum, so dass der grösste untere Theil der Zahnwurzel als grobe, einförmige Knochenmasse erscheint. Die äussere

Oberfläche des Zahnes ist gewöhnlich mit Längsfurchen bedeckt und sind bei den verschiedenen Ichthyosaurus-Arten die Zähne von verschiedenem Aussehn und von verschiedener Gestalt. Die Hauptverschiedenheiten in der Gestalt und deren Beziehung zur Species wurde zuerst von De-la-Beche bemerkt, von Conybeare beschrieben und darauf von G. Cuvier und anderen Naturforschern angenommen.

Bei der Untersuchung der Zähne des Ichthyosaurus, welche entweder gerade, oder der ganzen Länge nach gebogen sind, oder eine Biegung bald an der Spitze, bald an der Wurzel aufweisen, was von ihrer Eigenthümlichkeit, theilweise aber auch von dem ihnen in Maul und Kiefer angewiesenen Platze abhängt, müssen wir nothwendigerweise einen unteren Theil, die Wurzel, einen mittleren Theil, den Hals und einen oberen Theil, die Krone unterscheiden.

Die Wurzel ist derjenige Theil des Zahnes, welcher in den ihn haltenden Knochen dringt. Der Hals ist der von den Weichtheilen umschlossene Theil des Zahnes. Die Krone ist der obere active Theil. Diese drei Theile variiren bei den verschiedenen Species dieser Thiere mehr oder weniger hinsichtlich ihrer Gestalt und ihres Aeusseren, welche zum Theil auch von dem Alter des Thieres und von der Stelle, welche der Zahn im Maule einnimmt, in Abhängigkeit stehen. Dabei weisen Krone und Wurzel, besonders erstere, grössere Verschiedenheiten auf, als der Hals.

Eine unversehrte Wurzel, die übrigens selten vorkommt, ist unten immer geschlossen, und hat kein Anzeichen von Spaltung aufzuweisen. Sie ist am Ende abgerundet, welcher Umstand darauf hindeutet, dass die Zähne nicht mit den Kieferknochen verwachsen, sondern frei in der Gaumenmasse sassen, weshalb die Zähne sich leicht von den Kiefern ablösten und zerstreut wurden: daher ist es auch schwierig ihre Zahl in der Mundhöhle festzustellen. Die Gestalt der Wurzel, deren innere Fläche gewöhnlich concav ist — die Ursache dieser Erscheinung wird weiter unten erläutert werden — variirt von der regelmässig cylindrisch-runden bis zur gedrückt-ellyptischen und gedrungenen, wie auch bis zur viereckigen. In manchen Fällen ist die Wurzel von verhältnissmässig grösserer Höhe und mehr oder weniger gebogen, in anderen niedrig und abgerundet. Die Wurzel ist niemals mit Schmelz bekleidet, ist öfters dicker als der Zahnhals und oft inwendig hohl. Die Oberfläche der Zahnwurzel ist gewöhnlich längs ihrer ganzen Höhe meistens grob gerippt und die Rippen gehn in durch tiefe Furchen von einander getrennte Falten über. Die Form der Zahnkrone wechselt von der geraden, conischen bis zur mehr oder weniger gebogenen, mit länglicher oder abgestumpfter Spitze und im Querdurchschnitte von der regelmässig runden bis zur mehr oder weniger ellyptischen, eckigen und sogar bis zur vollständig zusammengedrückten, mit zwei oder drei zugeschärften Kanten. Die Zahnkronen des Ichthyosaurus sind immer mit mattglänzendem Schmelz bekleidet. Die mit frischem Schmelz bedeckten Zahnkronen haben gewöhnlich Längsrippen aufzuweisen, sind selten glatt, was allem Anscheine nach darauf hindeutet, dass sie abgenutzt worden sind. Die Rippen sind verschieden, bald grob und scharf ausgeprägt, bald kaum sichtbar, manchmal als unterbrochene

Linie auftretend. An manchen Zähnen gehn die Rippen bis an die Spitze, an anderen sind sie nach oben hin verwischt. An den gedrückten, eckigen Zahnkronen sind die den Ecken parallel laufenden Rippen ausgesprochener. Schon H. G. Bronn bemerkte, dass die Schmelzrippen dem Anscheine nach tief in die Zahnmasse eindringen. Die Gestalt des Zahnhalses hängt von der Gestalt der Wurzel und der Krone ab, namentlich von der ersten und verändert sich im Querdurchschnitte von der runden bis zur mehr oder weniger verengten oder eingeschnürten. Der Zahnhals ist, gleich wie die Wurzel, niemals mit Schmelz bekleidet. Der Zahnhals bildet einen Cementring, der von dem Schmelz durch eine scharf markirte Linie abgegrenzt ist und selbigen nach Quenstedt noch etwas überdeckt, d. h. der Schmelz dringt auf einer bestimmten Strecke unter den Cementring und bildet, ehe er vollständig aufhört, an seinem unteren Rande einige Falten.

Die Ichthyosauren hatten mehr Zähne, als die Krokodile; man findet oft 180 und noch bei weitem mehr im Maule eines Individuums. Diese Zähne stecken, wie erwähnt, niemals in tiefen, einzelnen Alveolen, wie bei den Krokodilen, sondern sind, wie bei den Delphinen, in einer mehr oder weniger dichten, ununterbrochenen Reihe in einer Längsrinne gelagert, welche bis zu den Augenhöhlen in den Kieferknochen verläuft, an denen die Theilung in einzelne Alveolen durch kleine Erhöhungen, den Lücken zwischen den Zähnen entsprechend, schwach angedeutet ist. Der Bemerkung R. Owen's gemäss kann man annehmen, dass bei den Ichthyosauren die Zähne aus dem Unterkiefer leichter herausfielen, als bei den Pottwallen (Physèter), bei denen die Zähne an dem Unterkiefer ebenfalls in breite Vertiefungen gelagert und die Alveolen auch unvollständig entwickelt sind, weswegen auch, bei der Verwesung die Zähne an dem Knochen nur schwach adhäriren und sich leicht mitsammt dem harten Gaumen, mit dem der Zahnhals viel fester verbunden ist, als die Zahnwurzel mit den Alveolen, ablösen.

Der häufige, durch die Gefrässigkeit des Thieres bedingte Verlust der Zähne (denn dass die Ichthyosauren gefrässig gewesen sein müssen, davon überzeugt uns deren ganzer Organismus), war auch wahrscheinlich die Ursache, weshalb die Natur ihn, wie auch das Krokodil, mit einem grossen Vorrath von Zahnkeimen, sowohl im Ober- wie im Unterkiefer, ausgestattet hat. Der Process des Zahnwechsels lässt sich bei dem Ichthyosaurus fast ebenso erklären wie bei dem Krokodil, bei welchem der neue Zahn sich in der Ecke der Zahnwand an der inneren Fläche der Basis des alten Zahnes bildet und selbigen durch den, auf dessen weiche Masse ausgeübten Druck, durch Absorption vernichtet. Uebrigens bemerkt R. Owen, dass die im Zahne des Ichthyosaurus durch den neuen Zahn verursachte Resorption eine einfache Vertiefung in der Zahnmasse hervorbrachte, indess im Zahne des Krokodils derselbe Process rasch die dünne Seitenwand der in der Basis des Zahnes gelegenen Höhlung durchdringt, wie R. Owen solche am Zahne des Alligators bemerkt hat, an dem in Folge des Druckes eine seitliche, runde Oeffnung erscheint. Was meine eigenen Beobachtungen anbetrifft, so fand ich bei dem Crocodilus niloticus in den verschiedenen Altersperioden des Thieres, in allen Entwickelungsstufen der Zähne, immer

die Zahnwurzeln unten offen, in welche Oeffnung die neuen Zähne eindrangen. Solche Hinweise auf die Entwickelung der Zähne bei den Ichthyosauren, im Vergleich mit der Entwickelung derselben bei den Krokodilen, sprechen dafür, dass die Erneuerung der Zähne bei den Ichthyosauren noch schneller vor sich gehn konnte, als bei den letzteren, was auch mit der Meinung vieler Forscher übereinstimmt. Mit der fortschreitenden Entwickelung des neuen Zahnes beim Ichthyosaurus verschwand auch der dicke Cement des alten Zahnes; die zerstörte Pulphöhle des Zahnes aber, im Innern der Wurzel, wurde durch den neuen Zahn ausgefüllt, wobei der Resorptionsprocess sich fast über die ganze feste Basis der Zahnwurzel verbreitete; die Richtung aber, in welcher diese Zerstörung vor sich ging, beweist, dass die Keime der neuen Zähne sich bei den Ichthyosauren in der inneren Ecke der Alveole entwickelten und ebenso wie bei den Krokodilen die innere Seite der Basis ihrer Vorgänger beschädigten. Die Krone, sowie der obere Theil des Halses des neuen Zahnes wurden von Anfang an ausgefüllt. Der neue Zahn wurde von dem alten, den er zerstörte, bedeckt. Die Kronen der jungen Zähne haben eine dünne, aus den ersten Dentinschichten bestehende Hülle, welche von einer dünnen Schmelzschicht überzogen ist, deren Rippen noch nicht vollständig ausgebildet sind. Eine derartige Erklärung der Zahnbildung bei den Ichthyosauren und die weitere microscopische Untersuchung deutet, meiner Meinung nach, auf eine gewisse Analogie mit der Zahnentwickelung bei den Tritonen und bei den Salamandern (vergl. Reichert vergleichende Entwickelungsgeschichte des Kopfes der nackten Amphibien Königsberg. 1838. p. 149 und Anmerk. p. 16. Unters. der Wirbelsäule bei Amphib. und Reptil. von C. Gegenbaur 1862) hin, bei denen ein jeder Zahn zuerst in der Mundschleimhaut als eine (papillenartig-) conische Erhöhung hervortritt. Eine solche Erhöhung erhärtet an der Spitze vermittelst eines Sclerosirungsprocesses durch Kalksalze und die Erhärtung verbreitet sich zur Basis hin, in die homogene, weichere Lamelle. Eine solche Lamelle ist um einiges dünner, als die verknöcherte Zahnspitze. Im Innern eines jeden Zahnes befindet sich eine Zelle, von verhältnissmässig bedeutender Grösse mit schwacher Abgrenzung des Protoplasma und besonders grossem Nucleus. Eine solche Entwickelung kann man am Leichtesten an den Larven des Salamanders beobachten. Sowie aber die Zähne grösser werden, vergrössert sich ihre Basis ein wenig; ihre Wände werden von der Spitze aus dicker und gleichzeitig bilden sich in der Zahnmasse feine Kanäle. Diese Kanälchen gehen, immer feiner werdend, nach aussen, nach innen aber münden sie in eine Höhlung, welche den Raum der obenerwähnten Zelle einnimmt. Das Dickerwerden der Zahnmasse ergiebt sich aus deren schichtenartiger Structur, welche von der Innenfläche ausgeht, d. h. von der Zahnhöhle aus, welche von der Zelle ausgefüllt wurde. Auf solche Weise erscheint ein jeder Zahn ausschliesslich als das Product der Entwicklung der Zelle.

R. Owen, welcher die Structur der Zähne bei dem Ichthyosaurus platyodon Conyb. und bei dem Ichthyosaurus intermedius Conyb. microskopisch untersucht hat, sagt, dass das Dentin in den Zähnen dieser Thiere eine einfache, feste Structur hat, ebenso wie in den Zähnen der fossilen fleischfressenden Eidechsen. Die kalkführenden Röhrchen (calcigerous

tubes) haben einen Durchmssser von $^1/_{2000}$ Zoll, der sie von einander scheidende Zwischenraum ist $^1/_{8000}$ Zoll breit. Diese Röhrchen verbreiten sich strahlenförmig von der innern Zahnhöhle aus und bilden ununterbrochene Linien, welche von dem obern Theile der Pulpcavity fast bis zur Spitze des Zahnes gehen, in Uebereinstimmung mit ihrer allgemeinen Richtung hinsichtlich der Umrisse des Zahnes. Diese Röhrchen bilden Curven, deren Concavität gegen die Zahnbasis gerichtet ist; die Fortsetzung aber besteht aus geraden Linien, welche senkrecht zur Peripherie des Zahnes gehen. Eine weitere Biegung oder Wellenförmigkeit dieser Röhrchen ist regelmässiger, häufiger und stärker, als an den Zähnen der Crocodile. Die Röhrchen theilen sich durch Spaltung in ihrer ganzen Länge und geben schräge Seitenzweige, meist von der concaven Seite, in das hyaline Plasma ab. Die Endigungen der kalkführenden Röhrchen zweiter Grösse sind weniger regelmässig, sie kreuzen sich und anastomosiren an den freien Enden, bald vermittelst Verbindungsschlingen, bald vermittelst kleiner Zellen. Der Schmelz (glasartiges Dentin) ist eine durchscheinende, feste Masse, welche zarte Spuren fibröser Structur trägt, deren Linien vertical zur Oberfläche des Zahnes stehn. Das oberflächliche Cement erscheint bloss als Streifen einer trüberen Masse, als der Schmelz, der es umgiebt. Das Cement (Knochendentin, oder körniger Knochen) nimmt zur Basis hin an Dicke zu und die seiner Structur eigenthümlichen Sternzellen sind deutlich zu sehn. Das Cement dringt in jede Vertiefung der Basis, als kurze, gerade und einfache Falte in die Dentinmasse ein, wodurch auch die Circumferenz des Dentins der Basis in eine entsprechende Zahl Erhöhungen getheilt wird. Die Vertiefungen der inneren Zahnhöhle gehn strahlenförmig zu deren Basis und dienen selbst als Centra für eine Menge kalkführender Röhrchensysteme, welche in ihrer Richtung sich dem allgemeinen Gesetze der Normalität zur Peripherie des Dentins unterwerfen. Eine derartige Structur kann nur am Querdurchschnitte der Zahnbasis beobachtet werden und liefert den Schlüssel zur Erklärung der Bildung der complicirten, labyrinthartigen, occult vermischten Structur des Dentins mit dem Cement, die zuerst an dem grossen Eckzahne des Labyrinthodon Jaegeri Owen entdeckt wurde.

Die Reste der Medullarmasse (pulp) unterliegen nach der Bildung der erforderlichen Quantität von Dentin, einer gleichen Veränderung, wie bei den Pleodoneidechsen, bei der Entwickelung der groben Ossification in den Netzfibern oder dem Zahnbeine.

Schon Mr. Conybeare, Esq. erklärte, dass die Zähne des Ichthyosaurus vollständig hart wären, und dass ihre innere Höhlung durch Verknöcherung ausgefüllt wird. Die vorgefundene Fortsetzung der Medullarhöhle in der Krone über dem in der Zahnbasis befindlichen Theil war manchmal so schwach verknöchert, dass nach dem Tode des Thieres fremde Stoffe hineindringen und Kalkspathkrystalle sich darin bilden konnten. Die Strahlenzellen oder Knochenkörperchen sind sehr deutlich zu sehn, sowohl in der inneren Ausfüllung der Medullarhöhle, wie auch in dem äusseren Cement. Ebenso erklärt schon Mr. Conybeare die Entwickelung der neuen Zähne der Ichthyosauren an der innern Fläche der Basis des alten Zahnes. Aus den Umständen aber, welche dem Anscheine nach, die Verknöcherung

der Basis begleiten mussten, schliesst Mr. Conybeare, dass die Zähne dieses Thieres sich länger in dem Gaumen erhielten, als dieses bei den inwendig hohlen Zähnen der Crocodile der Fall ist. Die Analogie mit andern Eidechsen und das Vorfinden zweier junger Zähne consecutiven Alters an der Basis der alten, beweisen dabei, dass der Zahnwechsel bei den Ichthyosauren mehr als einmal statt fand, aber bei alledem nicht so häufig und gewöhnlich war, wie bei den Crocodilen.

Dr. Theodori, der die Zähne des Ichthyosaurus trigonodon Th. sowohl hinsichtlich ihres innern Baues, als auch der sie bildenden Gewebe untersucht hat, sagt, dass er wegen der ausserordentlichen Brüchigkeit der Zahnmasse an den ihm zur Verfügung stehenden Exemplaren, keine genügenden mikroskopischen Untersuchungen anstellen konnte und, seine Beobachtungen auf Untersuchungen mit einer guten Lupe beschränkend, wahrnahm, dass im Allgemeinen die Gewebe dieser Zähne den entsprechenden Geweben der Zähne anderer Ichthyosauren, wie sie uns R. Owen in seiner Odontographie bringt, ähnlich sind und nur einige Eigenthümlichkeiten zeigen. Hinsichtlich der Structur der Krone fügt Dr. Theodori zu dem schon Bekannten nichts Neues hinzu, die Bemerkung ausgenommen, dass die dicke Zahnmasse (das Dentin), welche er Elfenbein nennt und aus welcher der Zahn hauptsächlich besteht, hier, wie auch sonst immer in petrificirtem Zustande, unter dem auch noch so geringen Einflusse der atmosphärischen Luft verwittert und in eine grössere oder geringere Anzahl regelmässiger Rhomben oder Prismen zerfällt, wobei sie sich immer in concentrische Scherben oder Scheiben spaltet. Eine derartige Schichtenbildung ist am polirten Querschnitte so deutlich zu sehn, dass darüber nicht der geringste Zweifel obwalten kann. Am polirten Zahne sieht man, je nachdem wie vollkommen die Politur ist, dass die geschichtete Masse von der innern Seite weicher und von hellerer Färbung ist. Der Querschnitt zeigt auch, dass in allen Schichten die Ecken und Zuspitzungen der Seitenflächen sich allmählig von innen zur äussern Schicht hin vergrössern. Die nicht geschichtete Gewebebildung wird nur in denjenigen Zahntheilen vorgefunden, welche im Innern des Zahnes von der Krone an nach unten gehn; sie zeichnen sich durch eine dunklere Färbung aus und zwischen diese Theile drängen sich, wie R. Owen gezeigt hat, von der Peripherie aus die Cementfalten hinein (vergl. Theodori Tf. III. Fig. 24, f.). Die Zahnhöhle wird auch bei diesen Zähnen mit Kalkspath (kohlensaurem Kalk) gefüllt angetroffen.

Nach den Bruchstücken des Zahnes hat Dr. Theodori den Durchschnitt der Zahnwurzel reconstruirt. Es ergiebt sich, dass der Kern der Höhle unten aus Kalkspath besteht, um denselben herum liegt ein Cylinder von veränderlicher Dicke, ebenfalls aus Kalkspath. Nach oben zu liegen Schichten von 0,004 m., nach unten zu aber ist ihre Dicke veränderlich und solche Cylinder scheiden sich allmählig von dem Kalkspathkerne ab. Dr. Theodori zeigt uns den oben erwähnten Querschnitt *f*, welcher die verschiedenen Bestandtheile und deren Gestalt aufweist: das Dentin und das Cement, in deren Gewebe wir Röhrchen und Zellen mit anorganischen Niederschlägen antreffen. Bei stärkerer Vergrösserung betrachtet, zeigt derselbe Querschnitt nicht nur zum grössten Theile dieselbe Structur, son-

dern auch den Querschnitt eines jungen Zahnes, welcher ebenfalls mit Schwefeleisen-Mergel gefüllt ist (vergl. Theodori Tf. III. Fig. 24 f.).

In der Masse der alten Zahnwurzel sieht man, am Rande des Querschnittes, in der dicken Cementschicht eine gewisse Veränderung des Cements und grössere oder kleinere schwarze Punkte, welche ebenso zahlreich, wie unregelmässig zerstreut und von einer helleren Masse umgeben sind, gegen welche die dunklere Interstitialsubstanz absticht. Das Cement dringt in die Falten des Dentins, welches von der Krone bis zur Wurzelbasis hinunter geht und in seiner Masse auch viele schwarze Punkte enthält. Dieses, meint Dr. Theodori, müssen diejenigen Zwischenschichten des Cements sein, die zwischen den Dentinfalten durchdringen und nach R. Owen's Meinung den äussern Ring des Zahnumrisses bilden. Weiter erklärt er, dass die im Querschnitte vorgeführten Theile des Dentins in der Verticalrichtung als von der Zahnhöhle ausgehende Zwischenwände erscheinen müssen. Die Beweise hierfür findet er in einem Zahnwurzel-Bruchstück, an welchem die äussere Decke Reste abwärts gehender, von der Pulphöhle aus vertical laufender Röhrchen enthält, wie er sie uns auch, sowohl in natürlicher Grösse, als in vergrössertem Maasstabe vorführt (vergl. Theodori Taf. 3. Fig. 25. und 25 *). Ausserdem sieht man an diesen Zeichnungen, wie einige dieser Röhrchen sich unten ein oder mehre Mal theilen und das eine derartige Theilung den Ausschnitten der äusseren Cementdecke entspricht. Der innerste Theil der Zahnwurzel ist sehr verschieden gebildet; hier herrscht eine grosse Ungleichmässigkeit, sowohl in der Vermischung des Cements mit dem Dentin, als auch in der Lagerung der Röhrchen und Zellen. Am Querschnitte (Theodori Taf. 3. Fig. 24. f.) finden wir eine gewisse Concentricität der Structur und eine Menge schwarzer Punkte. Diese Punkte sind manchmal von einem kleinen, hellen Raume umgeben, manchmal aber wird ihr Centrum von einem dünnen Cementringe eingefasst. Dr. Teodori hält diese Kerne für Querschnitte von Zellen und für Durchschnitte der obenerwähnten, feinen Röhrchen; erstere sind von Cement, die letzteren von Dentin umgeben. Weiterhin zum untern Theile der Basis wird die Bildung der Wände aus Dentin und die Richtung der Röhrchen immer unregelmässiger, wie man dieses an dem polirten Querdurchschnitte (ibid. Taf. 4. Fig. 48.) in natürlicher Grösse und an einem Theile desselben (Fig. 49) in vergrössertem Maasstabe sehen kann. Hier erscheinen die Dentintheile als eine Menge einzelner, schmaler Hervorragungen, welche innerhalb der Zahnwurzel einen Strahlenkreis bilden, innerhalb der Cementmasse dagegen ist keine deutliche Structur wahrzunehmen, man findet nur eine Menge mit schwarztingirtem Kalkspath gefüllter Zellen. Die aus Dentin bestehenden Scheidewände reichen bei dem *Ichth. trigonodon* bis zur Basis des Zahnes, erscheinen hier aber nicht in der Art, wie wir sie in R. Owen's Abbildung der Zähne des *Ichth. communis* sehen. Das Cement bildet eine dicke und unten abgerundete Schicht, in der sich die Reste des Dentins verlieren und nur kleine, dem Cement eigene, mit Kalkspath oder Mergel gefüllte Zellen vorkommen. Das freie Ende der Zahnwurzel ist im Allgemeinen abgerundet, manchmal aber an der untern Fläche concav.

Da Dr. Theodori einige von den Zähnen des *Ichth. trigonodon* ihrem Querdurchmes-

ser nach an verschiedenen Punkten ihrer Höhe zerbrochen beobachtet hat, so fand er unter anderen auch solche Bruchstücke der Wurzel, welche eine seitliche, abgerundete, mit der sie umgebenden Mergelmasse angefüllte Vertiefung aufzuweisen hatten. Es ist augenscheinlich, dass solche Vertiefungen von den jungen Zähnen herrühren. Ein anderes, ähnliches Exemplar hat eine Vertiefung, welche schon mit Schwefelkiesmergel gefüllt ist. In diesem Falle ist die Vertiefung bedeutender, so dass ein junger Zahn von ansehnlicher Dicke darin Platz finden konnte. An diesem letzten Zahn kann man auch den geschichteten Bau beobachten, da nämlich einige der äusseren, runden Scheiben seiner Krone abgesprungen und an den abgebrochenen Steinstücken hängen geblieben sind. Auch an dem Querschnitt der Krone dieses jungen Zahnes sieht man besonders deutlich den nicht geschichteten Bau des Dentins. Bei dem Vergleiche der verschiedenen Erscheinungen im innern Bau der Zahnwurzeln, muss man auch in Betracht ziehen, dass in der Mundhöhle des erwachsenen Ichthyosaurus, wie schon früher erwähnt, Zähne von verschiedenen Altersstufen vorkommen — junge Zähne, deren Röhrchen zur Zeit des Todes des Thieres noch nicht vollständig mit Knochenmasse angefüllt waren und petrificirt als nur mit Kalkspath gefüllte Röhrchen erscheinen, indess bei älteren Zähnen solche Röhrchen mit Knochen angefüllt sind. Die englischen Gelehrten W. Conybeare und R. Owen erkennen auch die Anfüllung der innern Zahnhöhle mit Knochen als Zeichen voller Altersreife der Zähne an, wobei die ganze Masse der Zahnwurzel, wenigstens am untern Theil, ausschliesslich aus kernigen Knochen bestehend erscheint.

Der Kopf bildet bei allen Thieren überhaupt den wichtigsten und charakteristischsten Theil des Körpers. Im Verhältniss zum Rumpfe ist derselbe im jugendlichen Alter gewöhnlich grösser, als im reiferen Alter und wir haben Grund anzunehmen, dass der Ichthyosaurus in dieser Hinsicht keine Ausnahme von der allgemeinen Regel macht und daher kann nicht ein jeder aufgefundene Schädel (*cranium*) dieser Thierart für einen Schädel normaler Grösse angesehen werden, oder als Muster der Specieskennzeichen dienen. Jedoch welche Entwickelungsstufe das Thier auch erreicht haben mag — an dem Kopfe des Ichthyosaurus sieht man auf den ersten Blick, dass, obgleich diese Thiere durch viele Eigenthümlichkeiten den Crocodilen der Jetztzeit höchst ähnlich waren, sie sich doch noch mehr an die Eidechsen anschliessen.

Die allgemeine Gestalt des Kopfes und des grössten Theils der Knochen (einzeln betrachtet), deuten, wie auch die Zähne, darauf hin, dass unter den Köpfen der Ichthyosauren Verschiedenheiten vorkamen, welche zu den Speciesunterschieden gerechnet werden müssen, dass aber die Grenzen solcher Verschiedenheiten, besonders bei dem Einflusse der vom Alter und vielleicht auch vom Geschlechte abhängenden Veränderungen, sehr schwer festzustellen sind, umsomehr da, wie schon G. Cuvier bemerkt hat, alle Species der Ichthyosauren sich von einander durch Veränderung der Dimensionsverhältnisse, nicht in der Bildung der Theile, unterscheiden.

Der Gesichtstheil des Kopfes ist bei allen Ichthyosauren sehr langgestreckt und zugespitzt. Er besteht hauptsächlich aus 2 Knochen — den Zwischenkiefern (*ossa intermaxillaria b*

Taf. 9. Fig. 1), welche mit Zähnen besetzt sind. Die Knochen sind in der ganzen Länge ihres Vordertheils mit einander vermittelst einer geraden und gleichmässigen Nath verbunden und werden an ihrem obern Theil durch zwei Knochen, welche in den zwischen ihnen liegenden Raum eindringen, begrenzt. Von jeder Seite der Intermaxillarknochen an der untern Fläche ihres obern Theils befinden sich schmale Knochen, an denen sich die Zahnreihe fortsetzt und welche nach hinten zu, sich bis hinter den vordern Winkel der Augenhöhle erstrecken. Diese schmalen Knochen die Oberkiefer (*ossa maxillaria superiora*) *a* und endlich die Nasenbeine (*ossa nasalia*) *c* bilden den mittleren Gesichtstheil des *Ichthyosaurus*. Die Nasenlöcher *d* befinden sich nicht am Ende der Schnauze, sondern sind am obern Ende der Intermaxillarknochen in der Gestalt zweier ovaler Löcher *d* angebracht. Der vordere Rand dieser Löcher erzeugt einen Ausschnitt in dem obern Ende der Intermaxillarknochen. Den obern und zum Theil den innern Rand dieser Löcher bilden die Nasenbeine *c*, welche sich zu diesem Zwecke erweitern und sich vermittelst einer gezahnten Nath mit der Basis der Intermaxillarknochen vereinigen. Zum obern Rande der Augenhöhle stossen noch zwei Knochen, welche, indem sie sich vermittelst ihrer hintern Ränder vereinigen, zur Vollendung des vordern Theiles des Augenhöhlenrandes dienen und der obere Knochen *h*. bildet sogar einen bedeutenden Theil des Supraciliarbogens. Diese Knochen nennt G. Cuvier vordere Stirnbeine (*ossa frontalia anteriora*); von den andern Knochen *i* dagegen, welche bei weitem kleiner sind, meint er, dass diese vielleicht die Thränenbeine (*ossa lacrymalia*) seien, obgleich an denselben keine Thränenrinne zu bemerken ist. Die beiden Nasenbeine steigen zwischen den Vorderstirnbeinen aufwärts bis an die Hauptstirnbeine *H*, mit denen sie vermittelst einer gezahnten Nath verbunden sind. Die Richtung dieser Nath ist veränderlich, vielleicht nach der Species, zu welcher das Thier gehörte. Die Hauptstirnbeine *H*, (*ossa frontalia*) befinden sich, wie gewöhnlich, mitten zwischen den Augenhöhlen, aber reichen, allem Anschein nach, nicht bis an den obern Rand derselben. Die hintern Stirnbeine *h'* (*ossa frontalia posteriora*) stossen an den Bogen und äussern Rand der Hauptstirnbeine, um bis zu den vordern Stirnbeinen zu gelangen. Sie verbinden sich mit den Jochbeinen und bilden den untern, hintern Rand der Augenhöhlen. Die Jochbeine *c'* (*ossa zygomatica*) sind schräg auf die Maxillarknochen gestützt und tragen zur Bildung des untern, hintern Augenhöhlenrandes bei, nach hinten zu erheben sie sich etwas, um sich mit den Hinterstirnbeinen zu vereinigen, welche den betreffenden Augenhöhlenrand zum Kreise schliessen. Diese aufsteigenden Theile der Jochbeine sind jedoch klein, so dass die von ihnen gebildeten Ecken (*processus zygomatici*) unten bei den Eidechsen verhältnissmässig grösser sind, als bei den Ichthyosauren. Was den *Ichthyosauren* besonders eigenthümlich ist und dieselben von den andern Eidechsen unterscheidet, das ist der Umstand, dass sie hinter den Augenhöhlen breite Knochen haben, welche sich einerseits mit den hintern Rändern der Hinterstirnbeine und mit den Jochbeinen verbinden, andererseits die Gelenkflächen für die beiden Unterkiefergelenke bilden helfen, im Verein mit zwei anderen, tiefer gelegenen und an den Zitzenbeinen (*ossa mastoidea*), so wie an den hintern Seitenbeinen (*ossa parietalia posteriora*) befestigten

Knochen. Diese beiden Knochen nennt G. Cuvier Schläfen- oder Paukenbeine (*ossa tympanica s. temporum*). Die Schläfenbeine *p* (*ossa temporum*) sind der Gestalt nach denselben Knochen bei den Eidechsen sehr ähnlich, nur mit dem Unterschiede, dass ihre Verbindung mit den Stirn- und Jochbeinen bei weitem höher liegt; ihre Haupeigenthümlichkeit aber besteht darin, dass die Paukenbeine bei den Ichthyosauren, wie bei den Crocodilen, bis zum Unterkiefergelenke hinabsteigen und zugleich sich mit den Hinterstirnbeinen verbinden, hinter den Augenhöhlen aber nicht, wie bei den Crocodilen, noch andere Schläfenhöhlen bilden. Die Schläfenbeine der Meerschildkröten sind der Gestalt — und der Art der Verbindung nach denselben Knochen der Ichthyosauren sehr ähnlich, nur dass bei der Meerschildkröte das Zitzenbein und die Hinterstirnbeine sich mit den Scheitelbeinen, über den Schläfenbeinen, vereinigen und zu gleicher Zeit ein Bogendach bilden, während bei den Ichthyosauren umgekehrt eine grosse Höhlung bleibt, wie dieses auch bei den Eidechsen und Crocodilen der Fall ist; bei den letzteren ist die Höhlung wie bei den Ichthyosauren von verschiedener Grösse.

Die Zitzenbeine *q* (*ossa mastoidea*) vollenden die Bildung besagter Höhlungen, indem sie sich einerseits mit den hintern Stirn- und Schläfenbeinen, andererseits mit den hintern Seitenvorsprüngen der Scheitelbeine vereinigen. Bei den Eidechsen, bei denen die Zitzenbeine sehr klein sind, vereinigen sich dieselben nur mit den Scheitelbeinen, mit den Schläfenbeinen aber kommen sie nur desshalb zusammen, weil diese letzteren zwischen den Zitzenbeinen und hintern Stirnbeinen gelegen sind. Bei den Crocodilen vereinigen sich die Zitzenbeide nur mit den hintern Stirnbeinen und den Scheitelbeinen, weil die Paukenbeine (*ossa tympanica*) zwischen den Zitzen- und Schläfenbeinen liegen, aber bei allen diesen Thierarten dienen die Zitzenbeine als Stützen der Paukenbeine, wie bei den Ichthyosauren.

Die Scheitelbeine *m* (*ossa parietalia*) sind den Scheitelbeinen der Iguana sehr ähnlich. Der Schläfenkamm (*fissura temporalis*) hat bei den Ichthyosauren die Gestalt der beiden Krümmungen des Buchstabens *X*. Hinten theilt sich dieser Kamm in zwei Aeste, welche bis zu den Zitzenbeinen gehen und diese zur Bildung der hintern Ecke der Schläfenhöhlung vereinigen. In der Verbindungsnath der Scheitelbeine mit den Hauptstirnbeinen befindet sich ein grosses Loch *D*, welches bei einigen Ichthyosaurenarten als Spalte fast die ganze Länge der Scheitelbeine einnimmt. Die obern Hinterhauptbeine *n* (*ossa occipitalia superiora*) sind den gleichen Knochen der Iguana höchst ähnlich, sowohl was die allgemeine Gestalt und den grossen Ausschnitt betrifft, welcher sich an ihrer Basis zum Zweck der Bildung des Hinterhauptloches befindet, wie auch wegen des kleinen Ausschnittes, den man oben an ihnen findet und der zur Befestigung der diese Knochen mit den Scheitelbeinen verbindenden Bänder dient, so wie endlich hinsichtlich der scharf markirten Vertiefungen, die man an diesen Knochen findet und die ebenfalls dazu dienen, diese Knochen mit den Scheitelbeinen und den Felsenbeinen (*ossa petrosa*) zu verbinden. Die hervorragende Fläche dieses Knochens erscheint gleichmässig convex, mit zwei Löchern zum Durchtritt der Blutgefässe versehen. Diese Löcher nehmen, je nach der Species des Thieres, eine verschiedene

Lage ein. Das untere Hinterhauptbein *o* (*os occipitale s. Orig.*) ist klein und läuft nach hinten in einen grossen Auswuchs aus, welcher fast allein zur Bildung des Atlasgelenkes dient, denn die zwei Seitenhinterhauptbeine nehmen einen kaum bemerkbaren Antheil daran. Die untere Fläche des Hinterhauptbeines ist convex und nicht concav, wie bei den Eidechsen und hat auch nicht solche Vorsprünge oder seitliche Auswüchse, wie dieses bei den Eidechsen der Fall ist. So nimmt also dieser Knochen bei den Ichthyosauren keinen Antheil an der Bildung des äussern Ohres oder dessen Kammer—eine merkwürdige Uebereinstimmung der Ichthyosauren mit den Schildkröten. Eine zweite, noch wichtigere Uebereinstimmung besteht in der Theilung der grossen Hinterhauptbeine.

Der **keilförmige Knochen oder das Keilbein** (*os sphenoideum*) ist ebenso dick, wie das untere Hinterhauptbein. Der, vom obern Theil desselben ausgehende Kamm trennt den, dem Gehirn anheimfallenden Raum von dem Raum, den die Phlegmadrüse (*glandula pituitaria*) einnimmt. In die Basis des letztern Raumes mündet ein Kanal, der schräg nach hinten geht und je nach der Species, zu welcher das Thier gehört, mit 1—2 Löchern an der untern Fläche dieses Knochens ausläuft. Vorn hat das Keilbein eine lange Spitze, welche, wie bei den Eidechsen, einer verticalen, membranösen, zwischen den Augenhöhlen befindlichen Scheidewand zur Stütze dient. Das Keilbein giebt an beiden Seiten je einem stumpfen Fortsatz ab, welcher bis zum flügelartigen Theile reicht und etwas nach hinten zu hat es eine rauhe Fläche, welche zur Verbindung mit dem Felsenbein dient. In all den genannten Eigenthümlichkeiten zeigt dieser Knochen Aehnlichkeit mit dem gleichen Knochen der Eidechsen. Die Felsenbeine (*ossa petrosa*) verbinden sich mit dem Keilbein derart, dass die flügelartigen Theile zur Aussenfläche desselben fast parallel zu stehn kommen müssen und wenn sie sich bei den Ichthyosauren auch nicht gegenseitig berührten, wie bei den Schildkröten, so musste doch der zwischen ihnen bleibende Zwischenraum sehr klein sein. Die äussere Fläche des Felsenbeins ist glatt und etwas convex, wie die Oberfläche des untern Hinterhauptbeines und hat auch nicht den Kamm, der bei dem Iguan die Höhlung umgiebt, in deren Tiefe sich eine ovale Oeffnung befindet — ein Grund mehr für die Voraussetzung, dass die Ohrmuscheln der Ichthyosauren einfacher gebaut waren, als die der Eidechsen. An der innern Fläche hat das Felsenbein eine tiefe Höhlung, welche von dem obern und äussern Hinterhauptbein gebildet wird. An den Wänden dieser Höhlung bemerkt man einige Spuren halbrunder Kanäle. G. Cuvier konnte wegen Unvollkommenheit der ihm vorliegenden Exemplare des Seitenhinterhauptbeines zu keinem positiven Schluss kommen, ob der Knochen zwei Löcher hatte, oder nur eins; doch war er, nach dem, was er beobachtet hat, der Meinung, dass die Ichthyosauren in dieser Hinsicht, den Sirenen, Salamandern und Proteen ähnlich seien und dass die Ohrknochen sich auf eine einfache, dem Steigbügel entsprechende Knochenplatte beschränkten.

Die Flügelbeine (*ossa pterygoidea*) bilden zwei lange, breite und flache Platten, welche hinten durch die ganze Breite der Keilbeine von einander geschieden sind, vorn sich einander fast unter dem vordern Rande der Augenhöhlen nähern. Sie gehn in zugespitzte Verlän-

gerungen über, welche zwischen die Gaumenbeine hineinragen, mit denen sie sich auch vermittelst sehr schräger Näthe vereinigen. Diese Knochen werden zur Mitte hin breiter, wahrscheinlich um einem querliegenden Knochen als Befestigung zu dienen. Dieser Querknochen reicht scheinbar auch bis zum hintern Ende des Gaumenbeines und sein äusserer Rand muss sich, wie gewöhnlich, mit dem Jochbein vereinigen. Das hintere Ende der Flügelbeine endet mit einer schwachen Erweiterung, welche nach hinten etwas concav ist. Weder die Flügel— noch die Gaumenbeine waren bei den Ichthyosauren mit Zähnen besetzt.

G. Cuvier sagt, indem er Abbildungen beider Seiten eines Unterkieferastes vorlegt, dass der Unterkiefer der Ichthyosauren länglich zugespitzt ist, wie das Maul selbst, und aus zwei Aesten besteht, welche durch unbedeutende Krümmung sich einander nähern und in einer Symphyse, auf einer Strecke, die um ein Geringes ihre halbe Länge übertrifft, an einander schliessen; dass ein jeder Ast des Unterkiefers bei den Ichthyosauren, wie bei allen Eidechsen und Crocodilen, aus sechs Knochen, die aber anders gelagert sind, besteht.

W. Buckland nimmt bei Beschreibung der verschiedenen Theile des Ichthyosaurusskelets, mehr vom Gesichtspunkt ihrer Functionen, an, dass Unterkieferäste, die so dünn und dabei so lang waren, wie bei den Crocodilen und Ichthyosauren und den Zweck hatten, grosse und starke Thiere als Beute zu packen, augenscheinlich verhältnissmässig schwach und leicht zerbrechlich gewesen wären, wenn sie aus Einem Knochen bestanden hätten, und deshalb bestehen sie aus einem Complex mehrerer Knochenplatten, welche derartig disponirt sind, dass in ihnen eine weit grössere Kraft, Elasticität und Leichtigkeit vereinigt ist, als die einzelnen Knochen, aus welchen die Kiefer der Säugethiere bestehn, aufweisen können. Den Unterkiefer des Ichthyosaurus haben schon Mr. de la Beche und Conybeare wiederhergestellt und das Verhalten dieser 6 Knochen zu einander erklärt. Diese Knochen sind, wie folgt: das Zahnbein *u a t* (*dental*), das innere Gaumenbein *u b c̃* (*operculaire oder splenial Owen*), das Winkelbein *v c* (*angulaire*), das Ueberwinkelbein *x d w* (*surangulaire* oder *coronoid*), das Supplementbein *z e x* (*complementaire* oder *supplementaire*) und das Gelenkbein *y* (*articulaire*). Dabei bemerkt G. Cuvier, dass bei den Ichthyosauren sowohl an der innern, wie an der äussern Fläche des Unterkiefers jene beiden grossen Vertiefungen fehlen, welche man bei den Crocodilen findet.

Das Zahnbein *u a t* bildet die äussere Seite eines jeden Unterkieferastes, von der Schnauze an bis zur Mitte der untern Hälfte des Augenhöhlenrandes. Das innere Gaumenbein *u b c̃* nimmt den untern Rand und die innere Seite fast auf der gleichen Strecke wie das vorige ein und dringt in die Symphyse bis fast an den Endpunkt. Das Winkelbein *v c* und das Ueberwinkelbein *x d w* theilen die hintere Hälfte der äussern Unterkieferseite. Bei den Ichthyosauren gehört der Kronenfortsatz (*apophysis coronoidea*) dem Ueberwinkelbein an, er ist klein und stark abgestumpft. Das Supplementbein *z e x* ist sehr klein und an der innern Seite nach hinten gedrängt, wie bei den Crocodilen und das Gelenkbein *y* ist unbedeutend und seine grösste Länge befindet sich an der Innenseite, ebenso wie bei den Crocodilen.

Die von Dr. Conybeare, W. Buckland, und G. Cuvier hergestellten Abbildungen der Unterkiefer der Ichthyosauren zeigen, wie diese flachen Knochen sich unter einander verbinden, einander decken und einander in den Querschnitten an verschiedenen Stellen ihrer Länge stärken.

W. D. Conybeare macht noch auf eine von ihm bemerkte Eigenthümlichkeit im Bau der Kinnlade des Ichthyosaurus aufmerksam. Diese Eigenthümlichkeit besteht in der höchst merkwürdigen Anordnung der Knochen, hinsichtlich der Richtung der diese Knochen bildenden Fasern. Das Ueberwinkelbein liegt zwischen dem Zahnbein und dem Winkelbein und seine Fasern gehn schräg, indess die Fasern des Zahnbeins und Winkelbeins in der Richtung der Längenaxe dieser beiden parallel laufenden Knochen gehn. Daher wird die Widerstandskraft dieses Organs durch eine solche Diagonalrichtung der Fasern des Mittelknochens bedeutend erhöht, ohne dass dabei das Volumen und Gewicht des Knochens vergrössert wird. Einen ähnlichen Bau trifft man an den Kopfknochen der Fische und, wenn auch nicht in demselben Grade, in dem Kopfe der Schildkröten.

G. Cuvier fand an drei Ichthyosaurusexemplaren die beiden vordern Hörner des Zungenbeins (*os hyoideum*) an ihrem Platze. Diese Hörner sind von erheblicher Grösse, prismatischer Form und dermaassen verknöchert, wie ihm sonst kein Knochen vorgekommen ist. Er bemerkt sogar zwischen denselben (d. h. zwischen den Hörnern) vorn einen flachen, mehr breiten, als langen Knochen, welcher an seiner hintern Fläche einen Ausschnitt hatte und hielt denselben für den Körper des Zungenbeins. Da er sonst nichts fand, was auf die Existenz von Kiemenbogen hingewiesen hätte, so schloss G. Cuvier, dass die Ichthyosauren atmosphärische Luft einathmeten und weder beständige Kiemen wie die Fische noch bronchiale wie bei den Sirenida und Syredon hatten. Er fand auch nichts, was er für Ueberreste des Larynx oder der Trachea ansehn konnte.

Die Zahl der Wirbel bei den Ichthyosauren beträgt, wie aus der Beschreibung der verschiedenen Species ersichtlich, — 110 bis 154. Wie die Aehnlichkeit zwischen Ichthyosauren und Eidechsen hinsichtlich der Kopfknochen gross ist, so sehr verschieden sind dieselben hinsichtlich der Form ihrer Wirbel. Die Ichthyosauren zeigen, wie E. Home dieses sehr gut bemerkt hat, im Bau der Wirbelsäule die grösste Analogie mit den Fischen und Walfischen. Alle Wirbel der Ichthyosauren sind, wie bei den Fischen, einander ähnlich. An allen Wirbelkörpern oder Centren ist der Querdurchmesser um 2, 3 und mehr Mal grösser als ihre Länge und beide Gelenkflächen sind concav, wie bei den Fischen.

Der Längendurchschnitt der Wirbelsäule eines Ichthyosaurus zeigt uns eine Reihe durchschnittener Kegel oder flacher Kugelabschnitte, welche paarweise mit einander an ihren Spitzen verbunden sind. Die Basis eines jeden derartigen Conus oder Kugelabschnittes endet mit einem Rande, welcher dem ihm entgegengesetzten Rande des hinten und vorn gelegenen Wirbels angepasst ist. Den leeren Raum, welcher zwischen den beiden erwähnten Kugelabschnitten bleibt, füllte eine weiche und biegsame Masse, von der Gestalt zweier gleichförmiger Zuckerhüte oder Kugelabschnitte, die mit ihrer Basis an einander stiessen und derart

angeordnet waren, dass jeder Wirbel genau auf einen solchen elastischen Kugelabschnitt passte, welcher den leeren Raum vollständig ausfüllte und ihm freie Bewegung nach allen Seiten gestattete. Ein solches, besonderes Gelenksystem gewährt der Wirbelsäule eine ausserordentliche Kraft und giebt ihr die Möglichkeit sich im Wasser nach allen Richtungen hin rasch zu biegen. Da aber eine solche Biegsamkeit in verticaler Richtung bei Weitem weniger nothwendig ist, als in seitlicher Richtung, so ist die erstere durch die Dornfortsätze (*processus spinosi*), welche auf einander, oder einfach an einander liegen, beschränkt. Eine solche mechanische Lagerung ist den fischartigen Thieren am nützlichsten. Der Schwanz bildet das Hauptorgan der Fortbewegung, das Gewicht des beständig vom Wasser gehaltenen Körpers hat keine seitliche Wirkung und die Wirbel haben daher nur gegen einen schwachen oder vollständig geringfügigen Druck anzukämpfen. Andererseits aber würden die leeren, einander entgegengesetzten zuckerhutförmigen, intervertebralen Scheiben nicht in den Bau der Wirbelsäule von Vierfüsslern, die auf dem Trocknen zu leben bestimmt sind, passen, denn diese ist der Haupttheil ihres Skelets und verhält sich fast rechtwinklig zu den Gliedern, welche von einer Reihe flacher und breiter, fest mit einander verbundener Knochen gebildet werden. Es ist also klar, dass wenn Thiere von solcher Grösse und Länge, wie die Ichthyosauren und mit Wirbeln versehen, die nach demselben Principe, wie die Wirbel der Fische gebaut sind, statt breiter Flossen, gewöhnlich construirte Extremitäten gehabt hätten, sie sich, ohne beträchtliche Beschädigung ihres Knochengerüstes, nicht auf der Erde hätten bewegen können.

M. E. Home hat an der Wirbelsäule der Ichthyosauren eine Eigenthümlichkeit entdeckt, welche bei andern Thieren nicht vorkommt — das ist nämlich der Umstand, dass die Bogen des Wirbel- oder Rückenmarkkanals (*canalis vertebralis — spinalis — medullaris*) weder, wie bei den Säugethieren, mit den Wirbelkörpern zu einem Ganzen verwachsen, noch durch eine Nath verbunden sind, wie bei den Crocodilen, sondern an und für sich, als selbstständige Knochen dastehend, mit denselben durch ein Gelenk verbunden sind, indem ein schmaler, ovaler Gelenkkopf des Bogens in eine concave Gelenkfläche des Wirbelkörpers passt. Mr. W. Conybeare fügt hinzu, dass diese Art der Befestigung der Bogen dem scheibenförmigen Bau der Zwischenwirbel entspricht und den Zweck hat: der Wirbelsäule eine grössere Biegsamkeit zu geben und deren wellenförmige Bewegungen zu erleichtern, denn, falls die verschiedenen Wirbeltheile starr wären, wie bei den Säugethieren, so würden auch die Gelenkfortsätze (*processus articulares s. obliqui*) derart sein, wie wir sie an allen Wirbelsäulen erblicken und würden alle diejenigen Bewegungen, die bei der beschriebenen Verbindungsart leicht vor sich gehn, unmöglich machen. An den Seitenflächen der meisten Wirbelkörper von Ichthyosauren sieht man die Stellen, welche zur Befestigung der entsprechenden Rippen dienten.

G. Cuvier sagt, dass weder der Atlas, noch der zweite Wirbel (*epistropheus, s. axis*) eine besonders eigenthümliche Gestalt hätten; Grey Egerton dagegen macht auf eine besondere, mechanische Beschaffenheit der drei ersten Halswirbel der Ichthyosauren auf-

merksam, welche in der Einfügung einer besonderern Art von Keilen Egerton's besteht. Diese Keile haben den Zweck, die Haltung des ungeheuren Kopfes zu unterstützen, ohne übrigens die freie Bewegung vom 3-ten Wirbel an zu beeinträchtigen, denn nur von der hintern, dem Schwanze zugewandten Fläche des 3-ten Wirbels an haben die Gelenkflächen die Gestalt von Kugelabschnitten und dadurch wurden bei den ersten Halswirbeln die kleinsten Bewegungen verhindert, welche den Schwanz- und Rückenwirbeln möglich waren, d. h. in denjenigen Körpertheilen, welche eine grössere Biegsamkeit besitzen mussten, um durch eigene Vibration grössere Bewegungen ausführen zu können. W. Buckland fügt hinzu, dass wahrscheinlich eine jede Ichthyosaurusspecies ihre Eigenthümlichkeiten in den Einzelheiten einer solchen Beschaffenheit der Halswirbel und der zuckerhutförmigen, subvertebralen Keile Egertons zeigt und dass überdies eine jede solche Speciesvariante noch Veränderungen unterworfen war, welche von dem Alter des Thieres abhingen. K. Owen sagt, der den Bewegungen der kurzhalsigen Ichthyosauren höchst hinderliche Bau der Halswirbel hänge davon ab, dass bei ihnen Atlas und Axis (d. h. 1-ter und 2-ter Halswirbel), höchst seltene Ausnahmen abgerechnet, fest miteinander verbunden waren, indem ihre Gelenkflächen einander entsprechende Erhöhungen und Vertiefungen hatten, welche eine Drehung um einander nicht zuliessen. Ausserdem waren diese Wirbel noch durch einen besonderen kleinen Knochen unter sich befestigt, welcher auch bei einigen, noch jetzt existirenden Eidechsen, nur in veränderter Gestalt vorkommt. Dieses Knöchelchen bildet bei den Ichthyosauren zwei unter stumpfen Winkel an einander stossende Flächen, die Wirbel aber haben an ihrer untern Fläche eine dreieckige Vertiefung, in welche der besagte Knochen keilförmig eindringt, so dass seine obere Fläche zur Hälfte an den Atlas stösst, zur andern Hälfte aber sich an die Axis anlegt. Die äussere, untere Fläche dieses Knochens hat in der Mitte eine beulenartige Erhöhung. Einige der Wirbel, die den beiden ersten folgen, haben vollständig flache Gelenkflächen und liegen fest aneinander ohne bedeutende intervertebrale Zwischenräume. Die Körper aller Wirbel haben an der obern Seite eine Vertiefung, zur Aufnahme des Rückenmarks, welches von oben durch die Bogen der Dornfortsätze gedeckt wird. Der bogenförmige Theil der Dornfortsätze ist, wie schon W. Conybeare erklärt hat, mit dem Wirbelkörper links und rechts durch etwas rauhe Oberflächen verbunden. Diese Flächen gehen an beiden Seiten des Markkanals den ganzen Wirbel entlang. Die Verbindung der bogenförmigen Wirbeltheile mit den Wirbelkörpern muss eine sehr schwache gewesen sein, da dieser bogenförmige Theil sehr selten erhalten bleibt. Der Bogen erhebt sich als seitlich zusammengedrückter Dornfortsatz (*processus spinosus*, *apophise épineuse*), welcher beim Beginn des Rückens fast die Höhe des Wirbelkörpers hat. Diese Fortsätze stehn bei allen Species der Ichthyosauren mehr oder weniger schräg und sind fast ebenso breit, wie lang, und bilden an diesem Theile des Rückens einen fast ununterbrochenen Kamm. Auf solche Weise stützen sich die Wirbelbogen mit der Basis auf die hintere Seite der Wirbel, über welchen sie sich erheben und ein jeder dieser Dornfortsätze hat vorn eine beulenartige (horizontale) Erhöhung, welche unter den vorhergehenden Dornfortsatz greift; eine solche Anordnung

können wir an allen Dornfortsätzen sehn. Die Wölbung der Dornfortsatzbogen aber wird gegen den Schwanz hin schmäler, die Fortsätze selbst werden in jeder Hinsicht kleiner, sowie auch ihre Gelenkstreifen. G. Cuvier bemerkt, dass bei den Ichthyosauren eigentlich keine Querfortsätze (*processus transversi*) existiren, doch hat eine gewisse Anzahl Wirbel jederseits zwei kleine Höcker, deren hintere Ränder einander näher stehn, als die vordern. Die grössten Erhöhungen dieser Art sind diejenigen, welche den Bogen am nächsten und concav sind. Dieses sind die einzigen Anzeichen von Querfortsätzen, sie dienen zur Gelenkverbindung mit den Rippenhöckern. Die andere Erhöhung ist etwas niedriger, leicht concav und nimmt den Kopf der Rippe auf. M. W. Conybeare's Beobachtungen zufolge besteht, wie auch G. Cuvier dieses an seinen zwei Exemplaren bemerkt hat, eine solche Anordnung der seitlichen Erhöhungen vom 1-ten bis zum 17-ten oder 18 ten Wirbel. Weiter hin steht die obere Erhöhung dem Wirbelbogen nicht so nah und nähert sich allmälig der untern. G. Cuvier fand diese Erhöhung noch an dem 34-ten Wirbel, obgleich bedeutend niedriger. Ebensolche Erhöhungen fand G. Cuvier, noch deutlich sichtbar, an einem seiner Exemplare am 43-ten Wirbel, ganz nahe am Becken (*pelvis*). Hier waren beide Erhöhungen klein und concav. Jedoch können hierin Verschiedenheiten vorkommen, je nach der Species des Thieres und sogar bei einem und demselben Individuum, denn W. Conybeare fand bei einem seiner Exemplare schon am 40-ten Wirbel je eine Erhöhung. Jenseits des Beckens haben die Schwanzwirbel jederseits nur eine kleine concave Erhöhung, welche der Nath des Bogentheils recht nahe ist.

Diese Erhöhungen werden immer kleiner, je näher sie sich dem Ende des Schwanzes befinden. An den vollständigen Exemplaren kann man, sagt G. Cuvier, sich überzeugen, dass der Schwanz kürzer ist als der Rumpf (fast um ein Viertel der Rumpflänge) und dass der Kopf fast ein Viertel der ganzen Länge des Thieres einnimmt. Uebrigens sind diese Verhältnisse einem Skelet von unbedeutender Grösse entnommen. K. Owen fand bei der Untersuchung von 7 Knochengerüsten des Ichthyosaurus communis Conyb., dass der Schwanz bei ihnen in der Entfernung eines Drittels seiner Länge vom Ende, nämlich am 30-ten Schwanzwirbel, eine Verrenkung hat und sich nach dieser Verrenkung, ohne Krümmung oder irgend welche merkliche Veränderung im Bau der Wirbel fortsetzt, was K. Owen auf den Gedanken brachte, ob die Ichthyosauren nicht eine grosse verticale Schwanzflosse hatten?

Die **Gestalt der Wirbel,** wie die des Kopfes, sagt G. Cuvier, deuten die Specieseigenheiten dieser Thiere an. Bei einem Individuum mittlerer Grösse wie dasjenige, an dem G. Cuvier die Länge der Wirbelkörper mass, ist die Länge der Wirbelkörper des Rumpfes fast der Hälfte ihres Querdurchmessers gleich, doch kommen auch schmälere und kürzere Exemplare vor. W. Conybeare hatte Wirbel aus dem Cambridgelehm, deren Länge nicht einmal $^1/_{37}$, ja kaum $^1/_4$ des Querdurchmessers erreicht. G. Cuvier hatte ebenfalls Wirbel von ähnlichen, aber mittleren Dimensionen. Uebrigens muss bemerkt werden, dass Wirbel vorkommen, deren Querdurchmesser kleiner ist, als der verticale, andere dagegen haben das entgegengesetzte Verhätniss aufzuweisen, d. h. also Wirbel deren Querdurchmesser grösser

ist als der verticale Durchmesser; die absolute Grösse der Wirbel aber variirt noch mehr. G. Cuvier besass Wirbel, deren Querdurchmesser $5^1/_2$ Zoll (0,15 m.) lang war und wenn man diese Wirbel mit Wirbeln 4 Fuss langer Thiere vergleicht, so kommt man zu dem Schlusse, dass sie einem Thiere von 26 Fuss Länge angehört haben müssen.

Die **Rippen** der Ichthyosauren sind für ein so grosses Thier sehr schwach. Nach G. Cuvier's Meinung sind sie nicht sowohl flach, als dreikantig. Fast alle Rippen sind am obern Ende gespalten und an den Wirbeln durch ein Köpfchen und eine Kugelgelenkfläche, welche eher die Gestalt eines zweiten Fortsatzes, als die eines zweiten Kopfes hat, befestigt. Die Ichthyosauren hatten, wie die Eidechsen, Rippen an allen Wirbeln, vom Kopfe bis zum Becken, denn an allen Rumpfwirbeln sind die Rippengelenkkörner zu sehn. Vielleicht waren die Hals- und Lendenrippen kurz, an dem grössten Theile des Rumpfes jedoch waren sie lang genug, um fast die Hälfte seines Umfanges von jeder Seite zu umfassen. G. Cuvier konnte an seinen Petrefacten nicht constatiren, auf welche Weise die Rippen sich unten vereinigten, ob vermöge eines Brustbeins, oder unmittelbar miteinander ohne die Vermittelung interstitieller Supplementknochen. E. Home meint, man müsse annehmen, dass bei den Ichthyosauren der grösste Theil der Rippen sich, wie bei dem Chamäleon, unmittelbar mit einander vereinige, d. h. dass die Rippen der rechten Seite mit denen der linken Seite zusammenstiessen. W. Buckland behauptet geradezu, dass die Rippen der rechten Seite sich mit denen der linken Seite vermöge interstitieller Knochen, analog den Zwischenknorpeln der Brustrippen bei den Crocodilen und den Knochen, welche bei den Plesiosauren das bilden, was M. Conybeare Sternocostalbogen (*arcs sterno-costaux*) nennt, vereinigen. Was aber die Bildung der Rippen anbetrifft, so ist dieselbe der Bildung flacher Knochen ähnlich, in dem sie jedenfalls einen Uebergang zu den langen Knochen bildet. Ihr Hauptunterschied besteht darin, dass sie zu einem Halbkreis gebogen sind und an Einem Ende zwei, von einander geschiedene Gelenkflächen, eine kugelige und eine flache haben, während das andere Ende keine bestimmte Gestalt aufzuweisen hat. Es ist anzunehmen, dass im jugendlichen Alter der Ichthyosauren ihre Rippen innen hohl waren, während sie im reifen Alter aus homogener, mehr oder weniger feiner, poröser Knochenmasse bestehend erscheinen, in Folge dessen, meint Dr. Theodori, dass es vielleicht mit der Zeit möglich sein wird aus der Existenz oder Nichtexistenz der Höhlung in den Rippen der Ichthyosauren Schlüsse auf das Alter des Thieres, dessen Reste der Untersuchung vorliegen, ziehen zu können.

Ein Thier, welches im Meere zu leben bestimmt war und zum Zwecke der Einathmung atmosphärischer Luft an den Wasserspiegel heraufzukommen hatte, musste nothwendigerweise ein Organ besitzen, welches ihm ermöglichte ebenso leicht in's Wasser hinabzusinken, wie an dessen Oberfläche aufzutauchen. Dieses finden wir bewerkstelligt durch eine erstaunliche Entwickelung der vorderen Glieder der Ichthyosauren und durch eine besondere, nicht weniger nothwendige Verbindung der Knochen des Brustgürtels oder desjenigen Theils, an den die Vorderflossen befestigt sind. Nach W. Buckland zeigen diese Knochen durch die merkwürdige Weise, wie sie sich verbinden, fast dieselbe Anordnung, wie bei dem Or-

nithorhynchus von Neuholland, einem Thier, das sein ganzes Leben hindurch die nothwendige Nahrung in der Tiefe von Seen und Flüssen zu suchen angewiesen ist und welches, wie die Ichthyosauren, gezwungen ist an die Oberfläche des Wassers emporzusteigen, um Luft zu schöpfen. Die vereinte Kraft der für diesen Zweck adaptirten Knochen gab bei den Ichthyosauren dem Brustkasten und den ihn umgebenden Theilen eine besondere Stärke, entsprechend der ausserordentlichen Bestimmung, welche nicht so sehr durch Schwimmen, (denn dieses übernahm der Schwanz mit grösserer Leichtigkeit und Kraft) als durch unumgängliches Auf- und Niedertauchen in verticaler Richtung bedingt war. G. Cuvier sagt, dass Schulter und Brustbein bei den Ichthyosauren ebenso wie bei den Eidechsen angeordnet sind. Das Brustbein oder die Gabel (*sternum*, *la fourchette Cuv.*) besteht aus einem unpaaren Stengel (*tige*), welcher bedeutend grössere Querstücke, als der Buchstabe *T* hat und daher demselben Knochen bei dem Monitor und dem Ornithorhynchus ähnlich ist. Mit den beiden Querfortsätzen dieses Knochens verbinden sich vermittelst einer schrägen Nath die beiden ziemlich stark geschweiften Schlüsselbeine (*clavicula*). G. Cuvier fand sonst keine andern Theile. Hinter dem Knochen *T* und etwas über dessen Stengel geht die Begegnungslinie der beiden Rabenschnabelbeine (*ossa coracoidea* oder Brustplatten); dieselben, etwas fächerartig zugestützt, sind in der Mitte der Begegnungslinie sehr breit und am äusseren Theile, wo sie die Schulterblätter erreichen, etwas zusammengedrückt. Die Schulterblätter selbst sind an der Stelle, wo sie sich mit den Rabenschnabelbeinen verbinden, ebenfalls etwas fächerartig ausgezogen. Dabei werden die Schulterblätter, indem sie sich wölben, schmäler, um sich bis zum Rücken zu erheben und haben am ganzen äusseren Rande eine Erhabenheit, um den Enden der Schlüsselbeine eine Stütze zu bieten.

Der Schultergürtel der Enaliosaurier, sagt C. Gegenbaur, (vergl. p. 51 Heft 2, der Unters. zur vergl. Anat. 1865) besteht bekanntlich aus einer Scapula, an welcher am Schultergelenke ein ansehnliches beilförmiges Coracoid angefügt ist. Mit der Scapula verbindet sich — beim Ichthyosaurus — eine Clavicula, welche sich mit ihrem medialen Ende einem Episternalstücke auflagert. Der wichtigste Unterschied von den Eidechsen besteht hier in dem Fehlen eines Brustbeins, wodurch die Verbindung der Coracoidstücke in der Medianlinie beeinflusst zu sein scheint. Es kommt dadurch eine allen übrigen Reptilien fehlende Einrichtung zu Stande, die in ihren mechanischen Leistungen das Sternum ersetzen kann. Für nicht weniger bedeutungsvoll halte ich noch zwei andere Thatsachen: erstlich das Vorkommen eines Episternum bei mangelndem Sternum, woraus die relative Unabhängigkeit beider Theile hervorgeht. Eine zweite Thatsache betrifft die Verbindung der Clavicula mit der Scapula. Bei den lebenden Sauriern findet diese Verbindung entweder an einer, oder an mehreren Stellen statt. Der erstere Fall ist der häufigere. Niemals aber ist die Vereinigung in einer grösseren Ausdehnung gegeben, während beim Ichthyosaurus der ganze Vorderrand der Scapula dem Schlüsselbeine eine Lagerstätte bietet; damit sind Verhältnisse gegeben, die durch ihr Vorkommen im Schultergürtel der Fische zum Verständnisse des letzteren nicht wenig beizutragen im Stande sind.

Dem Bau ihrer Gliedmaassen nach unterscheiden sich die Ichthyosauren sehr von den Eidechsen und nähern sich den Wallfischen. Bei Thieren von solcher Grösse, die sich auch in den Meereswellen mit grosser Geschwindigkeit fortbewegten und zum Athemholen an die Oberfläche des Wassers emporzutauchen hatten, mussten die Vorderfüsse der Eidechse sich nothwendigerweise einer grösseren Umwandlung unterziehen, um den Bedürfnissen eines wallfischartigen Thieres entsprechen zu können. Die Extremitäten mussten sich unausbleiblich in Flossen transformiren und dazu in vollkommenere, als die des Wallfisches, hinsichtlich der Vereinigung von Kraft und Gelenkigkeit und deshalb haben diese Flossen im obern Theile kurze und starke Knochen, im untern aber eine Reihe kleiner, polygoner Knochen, welche die Zehenreihen darstellen. Die Zahl dieser Knochen ist bei den verschiedenen Species der Ichthyosauren sehr verschieden und bei manchen findet man mehr als 100 Stück in jeder Vorderflosse. Die Knochen der Zehenreihen (*phalanges*) der Ichthyosauren sind ihrer Gestalt nach von denen der Eidechsen und Wallfische verschieden und der erwähnten grösseren Zahl, bei verschiedenen Dimensionen, muss die vorausgesetzte Zunahme ihrer Kraft und möglichen Beweglichkeit zugeschrieben werden. Eine solche Hand, in ein elastisches Ruder umgewandelt und mit Haut überzogen, musste dem zehenlosen Ruder des Braunfisches (*phocaena, Marsouin*) und Wales sehr ähnlich sein. Die Lage der Ruder am vorderen Körpertheile war fast dieselbe, wie bei den letztgenannten Thieren. Die Ichthyosauren hatten ausserdem noch hintere Extremitätenflossen, welche dem Wallfisch fehlen und vielleicht durch den horizontalen Schwanz ersetzt werden. Die hinteren Flossen waren bei vielen Species der Ichthyosauren um die Hälfte kürzer, als die vordern; W. Conybeare bemerkt, dass die Ursachen, welche eine solche Veränderung in den Dimensionen der hinteren Extremitäten hervorbrachten, wahrscheinlich dieselben waren, welche der verhältnissmässigen Verkleinerung derselben Glieder bei den Seehunden und deren gänzlichem Verschwinden bei den Wallfischen zu Grunde liegen. R. Owen bemerkt am Schlusse seiner Beschreibung der Flosse aus dem Lias in Barrow-Soar (vgl. Transac. Geol. Soc. 2. Series Vol. VI. Art. XIX. Pl. XX. p. 199—201) dass alle Abweichungen der Ichthyosauren vom Baue des Skelets der Eidechsen sie den Fischen und nicht den Walen annähern. Diese ihre Annäherung wurde auch früher schon durch die biconcave Bildung der Wirbel erklärt, doch wird sie noch mehr bestätigt: a) durch den nur den Fischen eigenen Bau der Flossen, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, dass sie aus einer grossen Anzahl sich in zwei Theile spaltender Endknochen-Reihen gebildet sind; b) durch die vorherrschende Grösse der Zwischenkieferknochen, welche fast allein die Zähne des Oberkiefers stützen (?); c) durch Anfüllung der conischen Höhlen in den Zähnen mit verknöcherten Pulpa-Resten (?) und d) durch die ungeheuere Grösse der Augen und Augenhöhlen. Alle diese Eigenthümlichkeiten, sagt Owen, zeigen eine grosse Aehnlichkeit der Icht. mit der Classe der Fische und bereiten uns ohne Erstaunen zur Anerkennung der augenscheinlich weichflügeligen (*malaeopterygianen*), weichgefiederten Structur der Flossen vor, welche durch die Anwesenheit einer Reihe weicher, sich spaltender Rippen der hintern Falte der Flossenhülle sich kund giebt. (Taf. 9,

Fig 12). Der allgemeine Bau der vordern Extremitäten bei den Ichthyosauren (Taf. 9, Fig. 13) zeigt, dass in die Vertiefung, welche Schulterblatt und Kehlbrustplatte bilden, der Oberarmknochen (*humerus*) mit seiner obern Gelenkfläche tritt; derselbe ist kurz und dick, sein oberes Ende bildet einen gedrungenen und abgerundeten Gelenkkopf, wird zur Mitte seiner Länge etwas dünner und am entgegengesetzten Ende flachgedrückt und vertieft zum Zwecke der Verbindung mit den Vorderarmknochen; diese letzteren, die Speiche und der Ellenbogen (*radius* und *ulna*) sind breit, flach und verbinden sich sowohl mit einander, als auch mit den drei folgenden Knochen, welche die erste Reihe des *Carpus* bilden. Die Vorderarmknochen sind so wenig von den Carpalknochen verschieden, dass viele Anatomen in ihnen keine ächten Repräsentanten der Ulna und des Radius anerkannten, sondern behaupteten, dass die Ichthyosauren gar keinen Vorderarm hatten. Nach G. Cuvier beginnt die Hand der Flosse beim Ichthyosaurus mit der ersten, aus drei Knochen bestehenhenden Reihe des Carpus, auf welche zwei Reihen zu vier Knochen folgen, welche G. Cuvier, wie es scheint, für die zweite Carpalreihe und die Metacarpalreihe hielt, da er zum Vergleiche der Knochen der folgenden Reihen oder Phalangen — die Reihen der Knochenplatten in den Flossen des Delphins annahm. Bei den Ichthyosauren sind die Knochen des Carpus und Metacarpus einander ähnlich, ebenso wie die Phalangen der ersten Reihe von den Knochen des Metacarpus nicht zu unterscheiden sind. Alle diese Knochen sind kleiner, als die Vorderarmknochen, sind flach, eckig und verbinden sich unter einander, wie die Steine im Strassenpflaster, wie dieses auch bei dem Salamander und den Delphinen, nur nicht so complicirt der Fall ist; daher hatten in diesen Flossen, ebenso wie in denen des Wallfisches, die einzelnen Knochen eine nur höchst geringe unabhängige Beweglichkeit, besonders in der Hand der Flosse und hatten auch die Flossen keine äusserlich sichtbare Theilung in einzelne Zehen, obgleich man je nach Species und dem Alter des Thieres 4 bis 8 Reihen Fingerknochen bei Ichthyosauren antrifft; die Knochen selbst sind klein und zahlreich, was wahrscheinlich auch von der Species und dem Alter abhängt.

C. Gegenbaur sagt (Heft 2 der Unters. zur vergl. Anat. 1865. p. 167): «Aus Vergleichung mit der Ichthyosaurushand auf der einen, mit der Hand der Amphibien auf der andern Seite lässt sich erschliessen, dass bei Plesiosaurus vier Carpalia die Gestalt von Metacarpalien besitzen und demzufolge auch dem Metacarpus zugerechnet werden. Uebergangsformen fehlen unter den fossilen Sauriern keineswegs. Wie also im einen Falle Mittelhand- und Fingerglieder in der Form von Carpalien auftreten, so können im andern Falle Carpusstücke in der Form der Metacarpalien oder Phalangenglieder erscheinen.» Dr. Carl Gegenbaur vergleicht auch den Bau der vordern Extremitäten der Ichthyosauren mit den Vorderflossen der Selachier. Aus diesem Vergleiche wird ersichtlich, dass die ursprüngliche Anordnung der Knochen in den Flossen der Ichthyosauren (Tf. 9, Fig. 13) aus demselben gegenseitigen Verhältnisse der Knochen, welches dem Bau der Flossen bei den Selachiern zu Grunde liegt, hergeleitet werden kann, da wir in den Flossen der Ichthyosauren vier longitudinale Grundreihen finden, mit einer 5-ten und zuweilen 6-ten Reihe, deren Bildung

übrigens noch nicht vollständig erklärt ist. Die erste dieser Reihen beginnt mit der Ulna und stützt sich auf den Humerus, die zweite Reihe stösst an den Radius, die 3-te, 4-te und 5-te Reihe verbinden sich mit den beiden Knochen der Grundreihe, welche auf den Radius folgt. Bei der detaillirten Untersuchung der Skelete verschiedener Species der Ichthyosauren findet man eine Theilung dieser longitudinalen Grundreihen in Reihen 2-ten Grades, wie eine solche Theilung an den entfernten Enden der Strahlen am Flossenskelet bei Selachiern, Rochen und Haien beobachtet wird. Einer solchen Theilung unterliegt die Radialreihe und vielleicht auch die Ulnarreihe. Doch muss man dabei, hinsichtlich der Verdoppelung der Ulnarreihe, nicht vergessen, dass, da an der Ulnarseite bei vielen Species der Ichthyosauren sich Knochenplatten geringerer Dimensionen in besonderer, langer Reihe befinden, welche nicht mit positiver Gewissheit von den Strahlen abgeleitet und als eine mit der Ulna beginnende, untergeordnete Reihe angesehen werden können, weshalb man zu der Meinung berechtigt ist, dass diese äusserste Reihe eher selbst über der ersten Ulnarreihe beginnt und unmittelbar vom Humerus gestützt wird und also nicht das Resultat einer Theilung der Ulnarreihe ist, sondern sich selbstständig entwickelt und aus diesem Grunde als fünfte und manchmal als sechste selbstständige Reihe angesehen werden muss. Daraus folgt, dass das Handskelet der Ichthyosauren sowohl wegen der Zahl, als wegen der Anordnung seiner Elemente ein verwandtschaftliches Verhältniss zu den ihrer Organisation nach höheren Wirbelthieren aufweist und also nur die Schwankungen hinsichtlich der Reihenzahl und die bedeutende Anzahl von Gelenken die niedrigere, an die Selachier erinnernde Bildungsstufe im Bau des Handskelets andeuten.

Bei den Ichthyosauren ist die Differenzirung des Radius und der Ulna manchmal schwierig, weil beide Seiten des Handskelets oft einander sehr ähnlich sind und dieselbe auf das Verhältniss dieser Knochen zu den anderen zu begründen ist ebenfalls schwer. Nur dadurch ist die nicht immer richtige Bestimmung dieser Knochen zu erklären. Deshalb schlägt Dr. Gegenbaur eine bequemere Differenzirungsmethode vor, namentlich wenn die Knochen der Vorderextremität einander ähnlich sind — er giebt nämlich den Rath, erst den Radial- und den Ulnarrand (oder die Seite) zu bestimmen, wobei er als Ulnarrand den annimmt, welcher von dem andern durch eine Reihe kleiner Knochen unterschieden ist, die in verschiedener Entfernung von einander liegen und sich mehr der äussern Linie nähern. Der Grund dazu liegt darin, dass bei den niederen Wirbelthieren im Skelet der Vorderextremitäten der Radialrand als bestimmter, unveränderlicher Abschnitt erscheint, indess der Ulnarrand eine sehr verschiedene Anzahl von Bestandtheilen oder Knochenplatten enthält. R. Owen erwähnt ebenfalls kleiner Supplementknochen in den Flossen der Ichthyosauren an der Ulnarseite, er erblickt in denselben die Anfänge einer neuen Ergänzungsreihe. Was mich betrifft, so bin ich, nachdem ich die Flossen verschiedener Ichthyosaurus-Species untersucht habe, geneigt anzunehmen, dass bei allen Species der Ichthyosauren die kleinen, flachen Knochen sich allmälig mit dem zunehmenden Alter des Thieres (sowohl in den vordern, als wie auch in den hintern Flossen, an dem Ulnar- und Tibialrande der Flossen) als einzelne,

selbstständige Ossificationscentren entwickelten und dass sich dabei der Speciestypus der Flossen ausbildete: die langen Flossen erhielten ihre verhältnissmässig grössere Länge, die breiten ihre verhältnissmässig breitere Gestalt, was sich aus dem Umstande erklären lässt, dass in langgestalteten Flossen die kleineren Knochen an der äussern Seite seltener vorkommen und weniger gross sind, hauptsächlich aber am entfernten Ende der Flossen vorgefunden werden und längs der schon entwickelten Zehenreihen, in den breiteren Flossen dagegen solche Knochen ausserdem noch zwischen den schon existirenden Längenreihen auftreten, wo sie, so zu sagen, als Verdoppelung der Reihen der Hauptphalangen erscheinen.

Das Becken der Ichthyosauren konnte G. Cuvier nicht so genau wie die Schulter untersuchen und bemerkt, dass seine Vorgänger in dieser Hinsicht auch nicht glücklicher gewesen wären. Im Allgemeinen jedoch waren die hintern Glieder, wie auch die ganze Beckenhöhe bei den Ichthyosauren von kleineren Dimensionen, schwächer und ihre Theile nicht so fest mit einander verbunden, wie die vordern Glieder, daher wurden sie meist garnicht, oder mit verstümmelter Gestalt gefunden. Eines der im Besitz G. Cuviers befindlichen Skelete hatte zwei, jedoch etwas lädirte Knochen: der eine war verwittert, nach vorn zu durch Druck verkürzt, der andere war dicker, an der Basis dreieckig und ebenfalls oben etwas zusammengedrückt. Diese Knochen waren an den Enden mit einander verbunden und bildeten ein Loch von länglich-ellyptischer Form. G. Cuvier meint, dass dieses das Schambein (*os pubis*) und das Sitzbein (*os ischii*) seien. Ihre hintern Enden sind abgeschnitten und rauh nun gingen zur Schenkelpfanne (*acetabulum, fosse cotyloide*), wahrscheinlich mit einem der Darmbeine (*os ilei*), welcher verloren ist, dessen Reste aber G. Cuvier an einem andern Skelet aufgefunden zu haben meint. Was aber die Hinterflossen anbetrifft, so erklärt G. Cuvier, dass der Oberschenkel bei Weitem kleiner und kürzer ist, als der Oberarm, jedoch diesem an Gestalt ähnlich ist, indem er ebenfalls oben dreikantig und unten zusammengedrückt ist. Am entfernten Ende hat er zwei Knochen des Unterschenkels, das Schienbein (*tibia*) und das Wadenbein (*fibula*), welche, ebenso wie die Knochen des Vorderarms, flach und den übrigen Knochen des Fusses an Gestalt fast gleich sind; diese letzteren liegen in Reihen und werden um so kleiner, je näher sie dem freien Ende der Flosse liegen. Die Knochenplatten sind fast ebenso zahlreich und ebenso angeordnet, wie die Knochenplatten der Vorderflossen. Dr. C. Gegenbaur bemerkt, dass seine Untersuchungen der Vorderflossen in gleicher Weise für die Hinterflossen gelten können, da die Grundverhältnisse des Baues der Hinterflossen nur in wenigen und untergeordneten Punkten von den Vorderflossen verschieden sind, — so z. B. hinsichtlich der Grösse. Die transversale Theilung der Knochenplatten ist dieselbe, wie in den Vorderflossen. Auf den Oberschenkel (*femur*) folgen die Knochen des Unterschenkels (*tibia* und *fibula*); sodann die Fusswurzelknochen (*tarsus*) und durch Vermittelung der Mittelfussknochen (*metatarsus*) das Archipterygium. Die Knochen des Daumens (*pollex*) bilden das Ende der Hauptreihe, welche als Tibialknochenreihe zum Femur geht. Die Skelettheile besonderer Abschnitte bieten ihrer Gestalt nach ein positiveres Verhältniss. Die beiden Hauptabschnitte einer jeden

Extremität: *humerus* und *femur*, *ulna* und *radius*, *tibia* und *fibula* bestehen aus langen Knochen, von bedeutender Grösse. Im Carpus und Tarsus verbleiben die Knochen in mehr indifferentem Zustande und erscheinen als kurze Knorpel- oder Knochenplatten und weiter zum Ende der Flossen finden wir bei den Ichthyosauren nicht wie bei höher organisirten Thieren, eine Rückkehr zur langen Gestalt der Knochen, weder in der Mittelhand, noch im Mittelfuss und in den Zehenreihen.

Was die **Maassverhältnisse** der Theile des Knochengerüstes bei den Ichthyosauren betrifft, so konnte G. Cuvier das Verhältniss der Theile genau nur an dem Skelett eines kleinen Individuum's bestimmen, nämlich am Skelet eines *Ichthyosaurus tenuirostris* Conybeare (*Ichthyos. Chirostrongulostinus* Hawkins): von der $3^1/_2$ Fuss betragenden Länge dieses Skelets fällt dem Kopfe und dem Schwanze je ein Fuss zu, die übrigen $1^1/_2$ Fuss nahm der Rumpf ein, an dessen Ende sich Flossen befanden, denn die Existenz eines Halses ist wohl kaum anzunehmen. Die Vorderflossen waren, den Humerus mitgerechnet, $7^1/_2$ Zoll lang, bei 3 Zoll Breite; die Hinterflossen waren etwas kürzer und schwächer. Der grosse Kopf des *Ichthy. communis* Conyb. (*Ichth. chiropolyostinus* Hawkins) aus der Sammlung G. Cuvier's musste eine Länge von wenigstens $2^1/_2$ Fuss gehabt haben, was die Länge des ganzen Thieres auf nicht weniger als 9 Fuss bestimmt.

G. Cuvier bemerkt, dass bei einigen Eidechsen der Rumpf sich um das Doppelte verlängern kann und dass die Zähne dabei noch nicht auf ein höheres Alter schliessen lassen.

G. Cuvier hatte einen Ichthyosauruswirbel von 6 Zoll Durchmesser, der mit den Wirbeln des kleinen Skelets verglichen, die nur einen Zoll Durchmesser hatten, einem Thier von 21 Fuss Länge angehört haben muss.

Dr. Davis in Bath hatte einen in der Umgegend dieser Stadt im Oolith gefundenen Ichthyosauruswirbel von 7 Zoll Durchmesser. G. Cuvier besass die Flosse eines Ichthyosaurus aus Newcastle, welche einem Thier von sehr bedeutender Grösse gehört hatte und war der Meinung, dass diese Ichthyosaurusspecies ein wenig kleiner war, als der Mososaurus von Mastricht, dessen Länge auf 25 Fuss angegeben wird.

Eine der Haupteigenthümlichkeiten in der Organisation der Ichthyosauren ist die enorme Grösse der Augen welche $^1/_6$ bis $^1/_5$ der ganzen Schädellänge einnahmen (vergl. Tf. 9, Fig. 1). Bei den Land- und Meerschildkröten, wie auch (obschon in bedeutend schwächerer Entwickelung) bei den Crocodilen finden wir den knöchernen Augenring. Bei diesen, uns contemporären Thieren befestigen sich die Augenringe an den Muskeln des Augenlides. Der Zweck derartiger Ringe besteht immer darin, die Convexität der Hornhaut, oder die Kraft und Weitsichtigkeit des Auges zu verändern. Solche, aus Knochenplatten (Tf. 9, Fig. 10 und Fig. 11) bestehende Ringe finden wir bei den Fischen nicht, obgleich bei einigen Arten auch ansehnliche Verknöcherungen das Auge umgeben, doch erscheinen dieselben nicht in Form von Platten. So hat z. B. der Schwertfisch (*xiphias gladius*) zwei convexe Knochencapseln, welche die Sclerotica umfassen. Den Untersuchungen Mr. Garell's zufolge findet man aus Knochenplatten bestehende Ringe an den Augen

des *Uhu* (*Strix Bubo*) und des *Aquila imperialis*, sowie nach Mr. Allis Untersuchungen an den Augen der *Iguana* (vergl. Buckland, übersetzt von Doyère. Geol. et Miner. p. p. 148—150. Pl. 10, Fig. 4—8).

An den aufgefundenen Ichthyosaurusexemplaren sind die Augen gewöhnlich ganz verwest und man sieht nur die ungeheuren Augenhöhlen, doch bei einigen findet man an der äussern Seite der Augenhöhlen, welche den Augapfel begrenzten, eine Kreisreihe petrificirter Knochenplatten, welche die der Pupille entsprechende Centralöffnung umgeben. Diesem, den Augapfel ergänzenden Apparat verdanken wir es, dass an einigen englischen, im Lias aufgefundenen Exemplaren, Augen angetroffen wurden, welche noch ihre natürliche Convexität behalten hatten; dieser Umstand beweist, dass die Platten, welche als äussere Bedeckung der ungeheuren Augen der Ichthyosauren dienten, den Zweck hatten, sowohl die so vorstehenden Augen, ebenso wie bei den Vögeln, deren Augen ähnlich bewaffnet sind, zu schützen, als auch bei grösserem, vom Auge aufgenommenen Lichtquantum, eine Vergrösserung der Sehkraft und Fernsichtigkeit zu ermöglichen, sodass das Thier befähigt war, seine Beute in grosser Entfernung, sowie in nächster Nähe bei nächtlicher Dunkelkeit und in der Tiefe des Oceans zu sehen. Endlich wird durch diese Einrichtung der Augen bei den Ichthyosauren der besondere Character dieser Meerthiere, der sie den Eidechsen nähert und dabei von den Fischen entfernt, gekennzeichnet. Ausserdem bemerkt W. Buckland, dass dieser Apparat bei den Ichthyosauren noch die Bedeutung einer Stütze für den hervorragenden Theil des Auges hatte und ihm bei seiner Tiefe — ein solches Auge übertraf manchmal einen Menschenkopf an Grösse — die nöthige Kraft verlieh einen Druck auszuhalten. Da bei den Ichthyosauren die Nasenlöcher sich am vordern Winkel des Augenhöhlenrandes befinden, so musste jedes Mal, wenn das Thier sein Maul zum Athemholen an die Meeresoberfläche hinaussteckte, wobei auch die Augen über das Wasser gehoben wurden, dieser Knochenplattenring die Augen vor dem Wellenschlage schützen. Was die Gestalt und Dicke der den Augenring der Ichthyosauren bildenden Knochenplatten anbetrifft, so sind dieselben verschieden und haben, dem Anscheine nach, einige besondere Kennzeichen. (Taf. 9, Fig. 10 u. 11). Im Allgemeinen haben sie, wie Buckland sagt, Aehnlichkeit mit den Blättern der Artischocke.

T. Hawkins sagt bei der Beschreibung des Auges eines *Ichthyosaurus platyodon* Conyb. — (*Ich. Chiroligastinus* Hawkins), dass alle Platten, mit wenigen Ausnahmen, in ihrer normalen Lage der natürlichen Ordnung gemäss, liegen; dass sie an dem Pupillenrande schmäler sind, als an der hintern Peripherie des Auges und dass an einigen Platten in der Nähe der Pupille Furchen zu sehen sind, deren Entstehung Hawkins dem Druck der starken Augenmuskeln zuschreibt (vergl. Taf. 9, Fig. 10).

Nach Hawkins' Meinung vereinigten sich alle diese Augenplatten durch eine halbbewegliche Amphiartrose.

H. G. Bronn sagt (vergl. p. 391 über Ichthyos. Neues Jahrbuch 1844), dass der Knochenring des Ichthyosaurusauges nach Conybeare und Cuvier aus 13 Platten besteht,

nach R. Owen's Beobachtungen aber und seinen eigenen bei dem *Ichthyosaurus communis* besagter Ring 17 Knochenplatten enthalte. Einige Platten am zweiten Bronn'schen Exemplare sind verschoben und beschädigt. Diese Knochenplatten haben einen ganz besonderen Bau, namentlich wenn wir uns zwischen dem äussern und dem innern Kreise des Knochenringes eine Mittelkreislinie denken, welche an den Platten durch einen flachen Eindruck (Einknickung) bezeichnet ist, so werden wir am mittleren Theil einer jeden Platte zarte und feine Linien bemerken, welche divergirend zum äussern und innern Kreise gehen; diese Linien gehn immer von dem etwas länglichen mittlern Raum strahlenförmig aus und bilden um die Pupille ebenso viele Sternchen, als Platten in dem Ringe sind (vergl. Taf. 9, Fig. 11).

Quenstedt fand bei dem *Ichthyosaurus tenuirostris* Conyb. ebenfalls 17 Platten und sagt, dass diese Platten von länglicher Form sind, ein Ossificationscentrum am äussern Kreise haben und dass ein Theil der Platten sich noch hinter dem Augapfel umbiegt. Uebrigens erscheinen die eingedrückten Augen gewöhnlich zerrissen, die Platten vollständig an die Ränder verschoben und statt der durchsichtigen Hornhaut, wo sich also Iris und Pupille befanden, sieht man zwei offene, runde Höhlen, in denen nicht eine Spur von den schwachen Bestandtheilen des Auges zu finden ist.

Bis jetzt haben wir noch keine positiven Data, die es uns ermöglichten über die äussere Bedeckung der Ichthyosauren zu urtheilen.

Man könnte glauben, sagt Buckland, dass diese Eidechsen, wie die noch jetzt lebenden, mit hornartigen Schuppen bedeckt waren, oder dass ihre Haut durch knöcherne panzerartige Schilde geschützt war, ähnlich der Rückendecke der Crocodile. Da jedoch im Lias, in dem man die Knochen der Ichthyosauren findet, Fische mit erhaltenen, hornartigen Schuppen, sowie knöcherne Rückenschilde von Crocodilen angetroffen werden, so berechtigt uns dieses zum Schlusse, dass, wenn die Haut der Ichthyosauren mit solchen Schildern bewaffnet gewesen wäre, die letztern sich ebenfalls erhalten hätten und schon längst unter den zahlreichen Ueberresten dieser Thiere, die man mit solcher Sorgfalt aus dem Lias sammelt, aufgefunden worden wären. Man hätte dieselben ohne Zweifel auch an dem Thiere gefunden, bei dem das Netz des Schleimgewebes sogar der Zerstörung entgangen ist. Derartige Reste der äussern Bedeckung findet man im Lias von Lyme-Regis; sie sind immer von schwarzer Farbe und bisweilen mit den Knochen eines Ichthyosaurusskeletts verbunden.

W. Buckland erklärt bei der Beschreibung des Hautgewebes eines jungen Ichthyosaurus, der im Museum zu Oxford aufbewahrt wird, — die verschiedenen Theile der Haut (vergl. ebenda Pl. 10, Fig. 1—4) und wir sehen auf der ersten Zeichnung in natürlicher Grösse Theile der Rippen und Brustrippenknochen, deren Zwischenräume mit Hautresten bedeckt sind. Diese Haut erscheint als dünne Membran, das Schleimnetz derselben — als zarter Anflug von weissem kohlensaurem Kalk, unter dem man das Chorion selbst als dunkle, mit einer schwarzen, flüchtigen, harzig-öligen Substanz gesättigte Verkalkung sieht. Die zweite Zeichnung zeigt uns die Membran und das Schleimnetz in vergrössertem Maass-

stabe. Die an der Oberfläche sichtbaren, feinen Linien sind die zarten Falten der Haut, die dickeren, mit einander verflochtenen, entblössten Linien sind die Gefässe des Schleimnetzes. Die dritte Zeichnung zeigt uns die ausgespannte Haut mit Reihen breiterer Falten. Diese Haut bedeckt die Schlingen des Schleimnetzes und endlich die vierte Zeichnung stellt die schon zerstörte Haut dar: das Gewebe der vom Schleimnetz getrennten Gefässe tritt in weissen Fasern auf dem schwarzen Grunde des Chorion hervor.

In Barrow-on-Soar, in der Grafschaft Leicester (vergl. Géol. trans. 2 Ser., Vol. VI, Art. 19, p. 199) sind im Lias so gut erhaltene Ueberreste eines Ichthyosaurus gefunden worden, dass R. Owen das Gewebe der Hauptmasse der Haut selbst in verkohltem Zustande erkennen konnte; die Knochen der Zehenreihen waren an der hintern Seite, wie bei den Haien, mit Knorpelrändern versehen (vergl. Taf. 9, Fig. 12. Copie). Andere Weichtheile dieser Thiere zu finden ist noch nicht gelungen. Die Erhaltung solcher Ueberreste ist natürlich eine Zufälligkeit, welche beweist, wie kurz der Zeitraum zwischen dem Tode des Thieres und dem Momente der Verdeckung seiner Leiche durch Schlammniederschläge, denen der Lias seine Bildung verdankt, war. Da die Ichthyosauren ausschliesslich im offenen Meere leben konnten, so sollte man meinen, dass ihre Haut ebenso, wie die der Wale nackt und des Schutzes durch panzer- oder schildartige Decken garnicht benöthigt war.

Wenn es schon unmöglich erscheint in dem Baue von Thieren, die uns nur nach fossilen Ueberresten bekannt sind, Anhaltspunkte zum vollständigeren Studium ihrer Organisation zu finden, so wird die Untersuchung der Form und Bildung ihrer Verdauungsorgane in dieser Hinsicht, wenn auch wichtiger, so doch noch weniger ausführbar, da diese Weichtheile, die den wichtigsten Theil im Leben des Thieres bilden und sich im Innern desselben befinden, nicht an den Knochen befestigt sind und daher, wie Buckland meint, an den fossilen Knochen keine Zeichen ihrer Existenz hinterlassen konnten. Bei alledem findet man oft Coprolithe solcher Thiere in allen Schichten jeder Epoche, in welcher Reste von Raubeidechsen vorkommen; denn diese thierischen Concremente stammen im Meere nur von solchen Thieren, welche sich auch von Wirbelthieren nährten.

Da diese Coprolithe sich bis auf unsere Zeit erhalten haben, so kann man sich nach ihnen theilweise ein Urtheil bilden sowohl über die Natur der Substanz, die den Thieren, die sie von sich gaben, zur Nahrung diente, als auch über die Grösse, Gestalt und Beschaffenheit des Verdauungscanals dieser Thiere, umsomehr, als die Voraussetzung über die Entstehung dieser Coprolithe dadurch bestätigt wird, dass man dieselben in der von den Rippen der Ichthyosaurenskelete gebildeten Höhle gefunden hat. Dabei werden in der Masse der Coprolithe leicht Schuppen, Zähne und Knochen von Fischen und Eidechsen und besonders von jungen Ichthyosauren gefunden, die durch den Verdauungscanal gingen ohne von dem Verdauungsprocess angegriffen zu werden.

Was die **äussere Gestalt** der Coprolithe anlangt, so weist dieselbe, beim Vergleich mit dem Verdauungscanal der Haie, auf eine gewisse Uebereinstimmung in Grösse, Gestalt und Bildung der Masse, aus welcher der Coprolith besteht, durch conische Windung des Excre-

mentenbandes um sich selbst. Dabei hat dieser um sich selbst gewundene Bau äusserlich einen Bruch, welcher darauf deutet, dass das Lumen des Darmcanals an seinem Ende enger war.

Die **Farbe** solcher Coprolithe aus dem englischen Lias, in welchem sie stellenweise in zahlloser Menge vorkommen, ist meist aschgrau, manchmal mit Schwarz untermischt, manchmal jedoch vollständig schwarz.

Die gewöhnliche **Grösse** der Coprolithe ist 2 bis 4 Zoll, bei einem Durchmesser von 1 bis 2 Zoll, doch kommen auch grössere vor. Ihre Masse ist dicht und erdartig, im Bruch aber muschelartig und glänzend.

Sowohl die einzeln aufgefundenen, als auch die innerhalb der Ichthyosaurenskelette derselben Erdschicht angetroffenen Coprolithe sind einander auch in der chemischen Zusammensetzung ähnlich, denn die Erhaltung dieser Excrementmasse und deren Uebergang in fossilen Zustand ist die Folge der conservirenden Eigenschaft, welche der phosphorsaure Kalk hat; derselbe bildet aber einen bedeutenden Bestandtheil der Knochen, sowie der Reste derselben, welche der Einwirkung der Verdauungsorgane ausgesetzt waren; er macht in den Coprolithen ein bis drei Viertel ihres ganzen Gewichtes aus, während die Quantität des kohlensauren Kalkes in ziemlich reinen Coprolithen nur 8 bis 15% der Masse beträgt.

Die **Zahl der Windungen** (Spiralgänge) dieser Coprolithe ist verschieden, von 3 bis 6; diese Verschiedenheit hängt, nach Buckland's Meinung, von der Species des Thieres, welches dieselben von sich gab, ab, denn es muss nothwendiger Weise eine entsprechende Differenz zwischen dem Darmcanal der Rochen, Haie und Seehunde existirt haben.

Species Ichthyosaurus compylodon Carter.

R. Owen. A. hist. of brit. foss. Rept. Part. V.

F. Dixon. Esq. on the Geology of Sussex. Ichth. communis. Taf. 39, Fig. 10.

R. Owen schickt der Erklärung dieser Species die Bemerkung voraus, dass die Zähne der Enaliosaurier, welche auf Pl. 1 der genannten Abhandlung dargestellt sind, Unterschiede nicht nur der Gattungen, sondern selbst der Arten darbieten, dass die fossilen conischen Zahnkronen, welche ein von vielen erhabenen Längsrippen durchzogener Schmelz bedeckt, auf eine Analogie mit den Zähnen des Polyptychodon hindeuten und die Ausbreitung der Zahnwurzel und die Längsrippen des Zahn's so bedeutende Eigenthümlichkeiten darbiete, dass es nöthig wird, diese Zähne von den Zähnen aller bis jetzt bekannten Eidechsen-Arten sowohl der Kreide- und Tertiärformation, als auch besonders von den Zähnen aller zur Zeit lebenden Amphibien-Arten vollständig zu trennen. Nur die Zähne der grössten Crocodile und Alligatoren können hinsichtlich der Grösse den Zähnen des *Ichth. Compyl. Carter*, welche man in der Kreideformation findet, gleichgestellt werden. Die Zahnkronen

dieser letztern aber unterscheiden sich, ebenso wie die Zähne des Polyptychodom, von den Zähnen der Crocodile durch die vollständige Abwesenheit der 2 einander gegenüberstehenden Längsrippen, welche sich an der Seite der Krone hinziehen. Ausserdem unterscheidet sich bei diesen Ichthyosauren die Zahnbasis von der Basis der Crocodile, wie früher erwähnt, durch bedeutende Ausbreitung der Wurzel, ein Unterschied, welcher am Querschnitt dieses Zahntheils noch deutlicher hervortritt und man sieht dabei, dass die ganze aussergewöhnliche Dicke der Wurzel aus der äussern Kronenschichte, Cement genannt, besteht.

Der Unterkiefer des *Ichthyosaurus compylodon Carter*, welcher mit Rippenbruststücken beim Graben des Down'schen Tunnels der Dover'schen Eisenbahn in der untern Kreideschicht am Fusse des Berges hinter dem Shakespeare-Felsen gefunden wurde, zeigt 4 unter einander verbundene Knochenstücke des linken Unterkieferastes und das fast vollständige Zahnbein, mit Theilen des innern Gaumenbeins (*splenial* R. Owen) und des Winkelbeins (*angulary*). In diesem Unterkiefer sitzen einige Zähne noch fest in ihren Alveolen; viele Zähne, die einzeln in den Kreideklumpen gefunden wurden, gehörten aller Wahrscheinlichkeit nach demselben Individuum, von dem der dort gefundene Unterkiefer stammt. Die Zähne des Unterkiefers werden, wie beim Ichthyosaurus communis, zum vordern Ende hin kleiner. Der grösste Zahn in diesem Theile des Unterkiefers befindet sich einen Fuss weit vom vordern Ende, hat eine grade, conische, stumpf zugespitzte Krone, deren Länge 11 Linien und deren Durchmesser $5^1/_2$ Linien beträgt. Die Krone hat eine Menge nicht sehr deutlicher, schmaler Rippchen, welche nach der Spitze zu immer feiner werden und zuletzt vollständig verschwinden. Die mit Cement bedeckte Basis wird nach unten hin breiter, ihre Oberfläche ist in der Entfernung eines Drittels von der Krone glatt, der übrige Theil ist mit groben Längsrippen oder Falten bedeckt. Wie die Oberfläche des Knochens ist auch die Oberfläche der Basis an vielen Zähnen mit einer harten aus kleinen Chalcedonkrystallen bestehenden Schicht überzogen, so dass es unmöglich wird, den eigentlichen Charakter der äussern Merkmale und die ursprüngliche Form der breiten Wurzel festzustellen. Ein Querschnitt in der obern Hälfte der Krone hat eine runde Form, welche zu ihrer Basis hin die einer Ellipse annimmt. Ein Querschnitt der glatten Basis stellt eine mässig zusammengedrückte Ellipse dar, welche im erweiterten Theil der Basis eine rundlich-viereckige Form annimmt. Die Zähne sind nach der Stelle, die sie im Unterkiefer einnehmen, von verschiedener Grösse. Am vordern Ende des Unterkiefers beträgt die Länge der Zahnkrone nur 4 Linien, nimmt aber stetig zu bis zu 8—10‴. Der grösste Zahn ist $2^1/_2$″ lang. Einige einzelne Zähne haben kurze und dicke Kronen. Bei dem Ichth. communis, dessen Zähne die meiste Aehnlichkeit mit denen des Ichth. compylodon haben, sind die Spitzen der Kronen länger, d. h. der Zahn spitzt sich allmälig zu. Die Schmelz-Rippen folgen unmittelbar auf die breitern, abgerundeten Rippen der mit Cement bedeckten Wurzel. An der Wurzel werden die Rippen um so gröber, je weiter sie sich von der Krone entfernen und werden durch bedeutende Vertiefungen von einander getrennt, wodurch die Basis des Zahnes ein rinnenförmiges Ansehn erhält. Der Querschnitt der Basis ist weniger breit und behält

eine mehr runde Form. Die äussere glatte Oberfläche des der Krone nähern Theils der Basis entspricht beim Ichth. compylodon der verdickten Cementschicht. Das so bedeckte Dentin hat ein gefurchtes Ansehn, welches von den Zähnen des Ichth. communis nur durch grössere Regelmässigkeit und Feinheit unterschieden ist, wie man das an allen Zähnen dieser Ichthyosaurus-Species sieht. Nicht ein einziger der einzeln mit dem beschriebenen Kiefer gefundenen Zähne hat eine regelmässige Biegung an der Basis. Die Eigenthümlichkeiten der Zähne des *Ichth. compylodon* treten am besten an den Exemplaren hervor, welche in den Kreideschichten von Cambridge gefunden wurden. Alle diese Zähne aus der Kreideschicht und dem grünen Sandsteine stellen ihrer Form nach 2 Arten dar, der grösste Theil derselben ist grade, die übrigen sind gebogen, was von einer schwachen Biegung der verdickten Wurzel herrührt. Da die letztern (die gebogenen) alle dem Unterkiefer angehören und, wie Mr. Carter bemerkte, ihre Biegung der mehr abschüssigen äussern Richtung der Vertiefung der Kinnlade entspricht, so erhalten die Kronen dadurch, dass die Wurzel dieser Zähne gebogen ist, eine in Beziehung zu den Zähnen des Oberkiefers mehr grade Stellung. Die Kronen aller dieser Zähne sind mit Schmelz bedeckt und haben die Form eines Kegels, welcher bei den Zähnen mit den grössten Kronen dick und im Querschnitt entweder ganz rund ist, oder die Gestalt einer erweiterten Ellipse hat; an den kleinern Zähnen dagegen ist der Kegel länger und mehr comprimirt.

Die Rippen des Schmelzes sind zahlreich und fein und nicht alle von gleicher Breite, die zwischen denselben liegenden Furchen sind schmäler, als die Rippen. An manchen Zähnen bemerkt man zwischen den längern Basalrippen kürzere und schmälere Rippchen, bei andern Zähnen sind die Rippen an der Basis der Krone dicker und gewönlich durch kurze Längsvertiefungen von einander getrennt. Alle Rippen enden ehe sie die glatte Spitze der Krone erreichen. Der Schmelz läuft an der Basis der Krone in einen dünnen, aber gleichförmigen Rand aus, der Zahn erweitert sich von dieser Linie auf der Strecke von $^1/_5$ bis $^1/_3$ der ganzen Wurzel. Die Oberfläche des Zahnhalses ist glatt, da die Rippen der mit Schmelz bedeckten Krone sich nicht auf ihn erstrecken, er mit Cement bedeckt ist. An einigen Zähnen ist, wie Mr. Carter bemerkt, die Basis der Krone deutlich durch einen Vorsprung abgegrenzt (von der Wurzel). Der übrige Theil der Zahnwurzel hat grobe Längsrippen. An vielen Zähnen sind die Wurzeln breit und einige haben dabei eine viereckige Form. Durch eine solche Erweiterung der Wurzel wurden die Zähne in der allgemeinen Zahnrinne der Kiefer eingefasst und die zwischen den Alveolen fehlenden transversalen Scheidewände theilweise durch das Dichtnebeneinanderstehen der Zähne ersetzt, wie man das an dem wenn auch theilweise erhaltenen Kiefer sieht. Jedoch findet man zwischen den Alveolen bisweilen eine dünne knöcherne Scheidewand an dem unbedeutenden Zwischenraum der Zahnbasis. Gewöhnlich nimmt die viereckige Zahnwurzel in der Richtung der Längesachse der Kinnlade einen grössern Raum als im Querdurchmesser ein. Der Zahn wird bei voller Entwicklung der Wurzel niemals vollständig von Knochenmasse ausgefüllt und selbst nach vollkommener Ausbildung der Krone bleibt im Innern des erweiterten Theils der Zahn-

wurzel immer ein Rest unverkalkter Pulpa nach. Jedoch trotz des Widerstandes, den die erweiterte und geschlossene Wurzel leisten konnte, unterlagen die Zähne der Ichthyosauren, wie bereits bekannt, durch die Keime der neuen Zähne einer Zerstörung, ganz so, wie bei den Crocodilen.

Auch bei dem *Ichthyosaurus compylodon* sind die Zähne an beiden Enden der Kinnlade von geringerer Grösse, als in der Mitte der Zahnreihe und es kommen bei ihnen einige Formverschiedenheiten vor, durch die jedoch die unterscheidenden Merkmale nicht beeinträchtigt werden. Die noch nicht vollständig ausgebildeten von den aufgefundenen Zähnen, bei denen die emaillirte Krone noch ausserordentlich kurz und dick ist, haben an dem Theile der ausgebildeten Wurzel, welche sich bis zur entblössten Pulphöhle erstreckt, schon eine glatte Oberfläche; doch auch solche Zähne weisen schon die Eigenthümlichkeiten der Species *Ichthyosaurus compylodon* auf. Diese Zähne zeigen auf einer höhern Entwicklungsstufe — wenn der gröbere, schon verdickte Theil der Wurzel sich auszufüllen beginnt, eine noch entblösste Basis, da bei so jungen Zähnen das Cementquantum noch nicht hinreicht, um ihnen eine viereckige Gestalt, welche den alten Zähnen der Species *Ichth. compylodon* eigenthümlich ist, zu geben. Die noch einige Zähne an ihren ursprünglichen Stellen enthaltenden Theile eines Ober- und Unterkiefers stellen das beste Exemplar eines Ichthyosaurus dar; sie wurden in der Cambridge-Kreideschicht entdeckt, gehören Mr. Carter und durch sie wurde es R. Owen möglich die beiden Schnitte aus dem vordern Theile der Schnauze dieses Thieres herzustellen, die wir auf Tafel III, Fig. 1 und 2 der brit. foss. Rept. Ichthyosauri, dargestellt finden.

Die Zähne des Ichthyos. compylodon Carter sind im Verhältniss zu den dünnen und langen Kiefern gross und bilden in dieser Hinsicht einen Contrast mit den Zähnen des *Ichth. tenuirostris* Conybeare (*Ichth. chirostrongulostinus* Hawkins). Verhältnissmässig sind sie sogar grösser, als die Zähne des *Ichth. communis* und des *Ichth. lonchiodon* Owen, welche kürzere und dickere Kinnladen haben. Die Dimensionen und die Form der Zähne des *Ichth. compylodon* aus der Kreideschicht und dem Grünsand unterscheiden denselben ziemlich sicher von andern uns bekannten Species älterer secundärer Formationen. Demnach finden wir gar keine Zeichen von Eigenthümlichkeiten der Art, die ihn von der grossen Fisch-Eidechse unterscheiden. Im Gegentheil, wie dessen in dem Baue der Kiefer, in der verhältnissmässig bedeutenderen Grösse des Zwischenkiefers (*premaxillary* Owen) und in der mit dickem Cement bedeckten Zahnwurzel sich kundgebende Merkmale deutliche Eigenthümlichkeiten darbieten, so deuten sie dabei gleichzeitig darauf hin, dass die letzten Repräsentanten der Ichthyosauren bei weitem keine Vervollkommnung in der Entwicklung des Organismus dieser Thiere und keine Annäherung an Thiere höherer Art aufweisen, weshalb der *Ichth. compylodon* noch als vollständig chrakteristischer Typus der Ichthyosauren dienen kann.

R. Owen bemerkt noch, dass wenn man in den Kreidebildungen auch nur die Wirbe körper des Ichthyosaurus finden würde, diese allein schon genügen würden uns davon zu-

überzeugen, dass in der Kreideperiode Saurier existirt haben, die sich von den übrigen in derselben vorkommenden Amphibien und Fischen unterschieden.

Am Fusse des Shakespeare-Felsens wurde mit den Unterkiefern und Zähnen des Ichthyosaurus in der grauen Kreidemasse in der That auch ein Wirbel gefunden. Dieser Wirbel entspricht seinen Dimensionen nach dem besprochenen Kiefer und konnte wohl einem Thier angehört haben, dessen Kopf 4 Fuss lang war. Die Knochenmasse dieses Wirbelkörpers war der Zersetzung anheimgefallen, seine Oberfläche ganz von Chalcedon durchdrungen. Dieser Wirbel gehört, dem Anscheine nach, der Basis des Schwanzes an, wo die Vertiefungen für die Rippen nur zu je einer an jeder Seite vorkommen. Die Oberfläche der Gelenkconcavität ist theilweise wellenförmig. An der Peripherie ist dieselbe gewölbt, bis zur beginnenden centralen Vertiefung, wie dies auch bei andern Ichthyosaurus-Species beobachtet wird. Daher konnte man diesem Theile des Skelets keine einzige Species-Eigenthümlichkeit entnehmen. Dieser Wirbel hält in verticaler Richtung, quer über der Gelenkconcavität, — 4 Zoll und in der longitudinalen Richtung $1''$—$10'''$.

Im obern Grünsand unweit Cambridge kommen ebenfalls derartige Wirbel und Zähne derselben Ichthyosaurus-Species vor.

Ferner bemerkt R. Owen, dass bei dem *Ichth. tenuirostris* die Länge des Unterkiefers wenigstens 14 Mal grösser, als der Verticaldurchmesser des vordern Schwanzwirbelkörpers ist, bei *Ichth. communis* und *Ichth. lonchiodon* 11 Mal, bei dem *Ichth. intermedius* Conyb. 10 Mal; dass die Kiefer des *Ichth. compylodon* sich hinsichtlich ihrer Dimensionen dem Kiefer des *Ichth. tenuirostris* mehr, als irgend einer andern bekannten Species nähern und dass aller Wahrscheinlichkeit nach der Unterkiefer 13 Mal länger gewesen ist, als der Verticaldurchmesser eines Lenden- oder vordern Schwanzwirbelkörpers.

Bei solchen Dimensionsverhältnissen gelangt man zur Annahme, dass der Unterkiefer mehr als 4 Fuss lang war und diese Berechnung stimmt mit den auf die Dimensionen schon bekannter Unterkiefer des *Ichth. compylodon* Carter gegründeten Berechnungen überein.

Eine der Kreideklumpen der genannten Gegend enthält Theile einiger Rippen, von denen die längste $10''$ lang ist. Der Querschnitt dieser Rippenreste bildet eine regelmässig erweiterte Ellipse, das abgebrochene Ende der weniger comprimirten Rippe enthält im grossen Durchmesser $9'''$, im kleinen $6'''$. An keinem dieser Bruchstücke findet man aber einander entgegengesetzte longitudinale Vertiefungen, welche einige Rippen des *Ichthyosaurus communis* Conyb. charakterisiren.

Von den Ueberresten des Ichthyosaurus Compylodon Carter aus dem Sewerschen Osteolith im Allgemeinen.

In Bezug auf die dem Sewerschen Osteolithe entnommenen Ueberreste des Ichthyosaurus, muss ich bemerken, dass alles früher hinsichtlich der vorkommenden Formveränderun-

gen der Zähne und aller Knochen überhaupt Erörterte bei den verschiedenen Species dieser Thiere während ihres Wachsthums, auch auf den *Ichth. compylodon* anwendbar ist und dass bei Berücksichtigung des Vorkommens einiger, wahrscheinlich vom Geschlechte des Individuums abhängiger Eigenthümlichkeiten ihrer Organisation und ganz zufälliger Abweichungen bei Individuen einer und derselben Species, ich gar keinen Grund dafür sehe in den von mir gesammelten Resten dieser Thiere verschiedene Species anzunehmen; wenn auch diese Fossilien in verschiedenen Gegenden gefunden worden sind, so entstammen sie dennoch einer und derselben Schicht, welche in Bezug auf die Zeit ganz genau bestimmt ist[1]).

Ich hege nicht den mindesten Zweifel, dass alle meine Exemplare von Ichthyosauren Fossilien derselben Species sind, um so mehr, als alle ihre Eigenthümlichkeiten mit Sicherheit annehmen lassen, dass sie alle einer und derselben Species, nämlich der des *Ichthyos. compylodon,* wenn auch mehren, dem Alter nach verschiedenen Individuen angehört haben. In letzterer Annahme bestätigen mich vielfache microscopische Untersuchungen sowohl der Zähne, als auch verschiedener Knochen des Kopfes, Rumpfes und der Extremitäten.

Was die **Zähne** betrifft, kann ich anführen, dass meine Sammlung, wenn auch nicht gross, so doch an schönen, für das Studium der Variabilität der Form und des äussern Aussehens der Zähne und besonders für die microscopische Untersuchung ihrer Gewebe geeigneten Exemplaren reich ist, denn sie ermöglicht die Anfertigung von Objectiven aus allen Theilen, die so fein polirt und dadurch in dem Grade durchsichtig werden können, dass sie bei sehr starker Vergrösserung zur Untersuchung dienen können.

Von **Kopfknochen** habe ich in meiner Sammlung: Zwischenkieferknochen ohne deren obere Enden, welche abgebrochen sind, offenbar von Individuen verschiedenen Alters; dann sehr unbedeutende Bruchstücke des obern, den vordern Rand des Nasenloches begrenzenden Endes der Zwischenkieferknochen, Bruchstücke der Nasenknochen und ein Stück eines von den die Orbita begrenzenden Knochen.

Von den 6 den Unterkiefer bildenden Knochen habe ich Exemplare des Zahninnern Gaumen-, Winkel- und Ueberwinkelbeins, sowie Bruchstücke von vielleicht einem Supplementbeine und auch Zungenbeine. Von den Knochen des Brustkastens habe ich ein kleines Bruchstück der Brustplatte.

Was die **Wirbel** betrifft, so ist meine Sammlung reich an Wirbelkörpern oder Centren; viele derselben sind sehr gut erhalten, es fehlen ihnen aber die Dornfortsätze, von denen ich nur ein Bruchstück habe. Die Exemplare der Wirbelkörper meiner Sammlung repräsentiren nicht nur die Formveränderungen dieser Knochen in der ganzen Länge der Wirbelsäule, sondern es ist auch, wie die microscopischen Untersuchungen bezeugen, die Möglichkeit gegeben, alle vom Alter des Thieres abhängigen Veränderungen an ihnen zu unterscheiden.

---

1) In dem geologischen Theile dieser Abhandlung werden die Fundorte sowohl dieser, als auch der andern Fossilien genau angegeben werden.

Die Bruchstücke von **Rippen** sind meist durch solche Exemplare vertreten, welche keine innere Höhle aufzuweisen haben.

Von den Knochen der Extremitäten oder Flossen (Maassgliedern) besitze ich einige sowohl aus den Vorder-, als auch aus den Hinterflossen, nämlich: den Oberarmknochen (Humerus) und die Vorderarmknochen: den Ellbogen und die Speiche (Ulna und Radius), das Oberschenkelbein (Femur) und die Unterschenkelknochen: das Schienbein (Tibia) und das Wadenbein (Fibula) und endlich einige kleinere Knochen der Hand und Fusswurzel (*carpus* und *tarsus*), sowie einige Knochen der Mittelhand (*metacarpus*) und der Zehenreihen (*digiti*). An dem grösssten Theile der Schulter- und Hüftknochen findet man, dass ihre innere Höhle noch nicht vollständig mit spongiöser Knochenmasse ausgefüllt war, doch kann man das keineswegs als Eigenthümlichkeit der Species aufstellen, vielmehr sehe ich darin, wie in dem Hohlsein der Rippen, einen directen Hinweis auf das Alter des Thieres. Ich bestreite übrigens nicht die Möglichkeit, dass die Höhlungen, die man in diesen Knochen findet, durch Zerstörung ihrer schwachen innern Masse beim Versteinern selbst vergrössert worden sind.

Aus allen Knochen meiner Sammlung ist es vollkommen möglich vortreffliche Objecte für microscopische Untersuchungen anzufertigen und ich habe diesen Umstand um so eifriger ausgebeutet, als bekanntlich auch gut erhaltene Petrefacten sich nicht immer dazu eignen, da das von den Bedingungen, unter denen sie versteinerten, abhängt.

Ferner muss ich darauf aufmerksam machen, dass sowohl die Zähne, als auch die Form der von mir untersuchten Knochen auf eine sehr grosse Aehnlichkeit des *Ichthyosaurus compylodon* Carter mit dem *Ichthyosaurus communis* Conybeare und theilweise auch mit dem *Ichthyosaurus intermedius* hindeuten; hingegen sehe ich in der längern Schnauze keine Annäherung desselben zum *Ichthyosaurus tenuirostris* Conybeare, weil bei dieser letztern Species die grössere Länge der Schnauze durch eine grössere Zahl der Zähne bedingt war, während sie beim *Ichthyosaurus compylodon* von der Ausdehnung der Zahnwurzeln in der Richtung der Längesaxe der Kinnlade abhing. Aus diesem Grunde werde ich die von mir beschriebenen Ueberreste des *Ichthyosaurus compylodon* Carter mit den entsprechenden Theilen des *Ichthyosaurus communis* Conybeare vergleichen und aus diesem Vergleiche meine Schlussfolgerungen herleiten.

Nach Cuvier's Berechnungs-Methode kann man annehmen, dass die Länge des *Ichthyosaurus compylodon* Carter annähernd der sechzigfachen Höhe des grössten Kreuzwirbels gleichkam. Nach R. Owen ist die Länge des Unterkiefers des *Ichth. compylodon* dem wenigstens 13 Mal genommenen Verticaldurchmesser des ersten Schwanzwirbelkörpers gleich. Dabei muss aber bemerkt werden, dass bei dem *Ichth. compylodon*, wie bei dem *Ichth. communis*, der Oberkiefer auf jeder Seite mit 40—50 Zähnen bewaffnet sein konnte, von denen sich jedoch nur 18 an den Kieferknochen befanden, 22—32 Stück aber an den Zwischenkieferknochen. In dem Unterkiefer waren an jeder Seite 25—30 Zähne. R. Owen meint ebenfalls, dass die Zähne des *Ichth. compylodon* mehr Raum der Länge des Kiefers

entlang einnahmen, als bei dem *Ichth. communis*. Dies berechtigt zur Annahme, dass entweder die Kiefer des *Ichthyosaurus Comp.* Carter länger waren, oder dass die Kiefer des *Ichth. compylodon* eine kleinere Zahl von Zähnen fassten, und daher kann das Verhältniss der Länge des Unterkiefers zum Verticaldurchmesser des 1. Schwanzwirbelkörpers dem Verhältnisse dieser bei dem *Ichth. communis* sich annähern, d. h. die Länge des Unterkiefers nur der 11 Mal genommenen Länge des Verticaldurchmessers des erwähnten Wirbels gleich sein, so dass wir uns einstweilen erlauben, dieses Verhältniss als ein zwischen der 11- und 13-fachen Höhe des Wirbels schwankendes anzunehmen. Auf frühere Untersuchungen mich beziehend, kann ich ohne Befürchtung einen groben Fehler zu begehen, die Länge des Kopfes auf 0,20, die des Rumpfes auf 0,45 und die des Schwanzes auf 0,35 der ganzen Körperlänge des *Ichthyosaurus compylodon* bei normalem Wuchse annehmen. Dabei kann man die Länge der Vorderflossen auf 0,07, ihre Breite auf 0,04 der ganzen Länge des Thieres rechnen. Die Hinterflossen waren sowohl an Länge, als auch an Breite wahrscheinlich von etwas geringeren Dimensionen. Wenn man die Zahl der Wirbel der ganzen Wirbelsäule des *Ichthyosaurus compylodon* Cart. der vollen Anzahl der Wirbel des *Ichthyosaurus communis* Conybeare gleich und zwar nicht weniger, als 154 annimmt, so kann man rechnen: Halswirbel, inclusive Atlas und Axis (d. i. der erste und zweite Halswirbel) nicht mehr als 5, 45 Rumpf- und 104 Schwanzwirbel. Das Becken liegt in diesem Falle zwischen dem 40-sten und 45-sten Wirbel vom Kopfe an gerechnet, der 45-ste, d. i. der erste Schwanzwirbel war dabei der grösste aller Wirbel. Was die Krümmung der Wirbelsäule betrifft, so kann man, wie es scheint, sich die Andeutung erlauben, dass diese Krümmung bei dem *Ichth. intermedius* und dem *Ichth. communis* Conybeare deutlicher hervortritt, als bei dem *Ichth. tenuirostris* und *Ichth. platyodon* Conybeare. Bei der speciellen Beschreibung der einzelnen Knochen des *Ichth. compylodon* meiner Sammlung werden wir sehen, wie weit solche schematische Bestimmungen gerechtfertigt erscheinen.

Ferner ersuche ich bei meiner Beschreibung der microscopischen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit auf den Umstand zu richten, dass wir fast an allen Knochen der Enaliosaurier meiner Sammlung den Uebergang des Knorpelgewebes in Knochengewebe in mehr oder weniger hohem Grade antreffen. Vielleicht ist dieses eine charakteristische Eigenthümlichkeit dieser Knochen, welche im Laufe der ganzen, auch der längsten Lebensdauer des Individuums erhalten blieb. In solchem Falle wäre dieser Umstand ein neuer Beleg dafür, dass die Ichthyosauren einen Uebergangsorganismus von den Fischen zu den höhern Thieren bildeten, da bekanntlich einige Fischarten bleibend ein nur aus Knorpeln bestehendes Skelet bewahrten und noch bewahren (vergl. C. Gegenbaur. Unters. z. vergl. Anat. d. Wirbels 1862. Leipzig 13 Ergebnisse p. 58—68).

Von den Zähnen des Ichthyosaurus aus dem Sewerschen Osteolith.

Taf. 1. 2. 3. 4. 9. 15 und 5.

Bei Erwägung alles dessen, was wir früher auseinandergesetzt haben, ist bei Bestimmung der Zähne des Ichthyosaurus nothwendig im gegenwärtigen Falle Folgendes als Grundlage anzunehmen: 1) dass alle Zähne meiner Sammlung aus dem Sewerschen Osteolith allem Anscheine nach ohne Ausnahme der Species *Ichthyosaurus Compylodon* angehören; 2) dass nach den andern in meiner Sammlung vorhandenen Knochen dieser Thiere zu urtheilen, kein Anlass zu der Meinung, diese Ueberreste hätten Thieren verschiedener Species angehört, vorliegt, da alle an ihnen bemerkten Verschiedenheiten mit Sicherheit nur dem vom Alter abhängenden Unterschiede zugeschrieben werden können; 3) dass die Vertiefungen, die man an vielen Zähnen sieht, die auf den Beginn ihrer Zerstörung durch sich entwickelnde junge Zähne weisen, dem hintern Winkel der innern Wurzelseite näher liegen; 4) dass die Zahnkrone im Querschnitt rund ist, der sie bedeckende frische Schmelz immer deutlich gerippt ist und nur durch Abnutzung glatt wird und dass dieser zarte, kaum merkliche, nicht vollständig ausgebildete Schmelz ein Kennzeichen noch junger Zähne ist; 5) dass die Wurzeln der Zähne gereift sind und ihr Querschnitt oval-rundlich bis vierkantig ist. Die Wurzeln der Zähne des Oberkiefers sind verhältnissmässig dicker, die der Unterkieferzähne dünner und verhältnissmässig länger, oder der Länge des Kiefers nach ausgebreitet. Die Länge der Zahnwurzeln im Oberkiefer musste, nach der Tiefe der Alveolen zu urtheilen, eine verhältnissmässig bedeutendere sein, als bei den Unterkieferzähnen, die sich durch eine stärkere Krümmung der Kronenspitze charakterisiren; 6) dass die hintern Zähne beider Kiefer von verhältnissmässig geringerer Höhe aber dicker, die Zahnspitze kürzer, aber stumpfer ist. Die Zähne des vordern Theils der Kiefer hingegen sind zwar auch nicht hoch, haben aber schmälere Kronen, ihre Spitze ist länger und nach hinten, d. h. nach dem Rachen hin etwas gebogen. Die grössten und gradesten Zähne aber an beiden Kiefern befanden sich in der Mitte, mehr nach vorn und nahmen nach der Tiefe des Rachens hin allmählig an Grösse ab.

Auf Grund dieser Hinweise halte ich die Taf. 1, Fig. 1—4 und Taf. 2, Fig. 2 abgebildeten Zähne für Oberkieferzähne, die auf Taf. 1, Fig. 1 und 2 und Taf. 2, Fig. 2 für Zähne der linken, den auf Taf. 1, Fig. 3 aber für einen Zahn der rechten Seite, wobei ich den Kopf des Thieres mir zugewandt annehme.

Diese Bestimmung beruht auf der Lage der Vertiefung *o*, welche sich immer im hintern Winkel der innern Seite der Wurzel befindet. Den Zahn Taf. 1, Fig. 4 endlich halte ich für einen Vorderzahn des Oberkiefers.

Die Zähne Taf. 1, Fig. 5—10 incl. und Taf. 2, Fig. 1 und 8, sind, meiner Meinung nach, aus dem Unterkiefer, und der letzte Zahn Taf. 2, Fig. 8 ist ein Vorderzahn. Nur hinsichtlich des Zahnes Taf. 1, Fig. 9 kann einiger Zweifel obwalten; da nämlich seine Wurzel

ziemlich dick ist, so fragt's sich, ob er nicht aus dem mittlern Theile des Oberkiefers her stammt. Die Zähne Taf. 2, Fig. 5, 6, 7, 9, 10 und 11 halte ich der Zartheit ihres Schmelzüberzuges und ihrer unversehrten Wurzeln wegen für junge oder neugewachsene, d. i. s. g. Ersatzzähne, den Zahn Taf. 2, Fig. 4 aber, wie wir weiter unten sehen werden, für ein noch jüngeres Exemplar.

Die äussere Gestalt dieser Zähne hat, was den allgemeinen Charakter anlangt, in jeder Hinsicht die grösste Aehnlichkeit mit den englischen Zähnen dieser Species. Die Zähne Taf. 2, Fig. 9, 10 und 11 gleichen auffallend den Zähnen des *Ichthyosaurus posthumus* Wagner. Auch diese Zähne müssen wegen der Zartheit der Schmelzrippen für junge Zähne des *Ichthyosaurus compylodon* erklärt werden. Die Kronen der Zähne Taf. 2, Fig. 3, 12 und 13 sind wegen ihrer besondern Grösse bemerkenswerth, die beiden letzten müssen, nach den zarten Schmelzrippen zu urtheilen, zu den jungen Zähnen gehören; ausserdem ist der Hals des Zahnes Fig. 13 in der Querrichtung bedeutend eingeschnürt, ebenso, wie der Hals der Zähne Fig. 9, 10 und 11. Die Krone Fig. 3 gehört dem grössten und ältesten Zahne meiner Sammlung der Zähne des *Ichthyosaurus compylodon* Cart. an. Die Contour des Zahnes ist nach einem andern, ihm in Bezug auf die Gestalt der Krone vollständig ähnlichen Zahne Taf. 1, Fig. 6 ergänzt worden. Diese Zähne, wie auch die Zähne Taf. 1, Fig. 5 und Taf. 2, Fig. 11 zeichnen sich durch die grössere Ausbreitung des Schmelzüberzuges aus.

Alle Abbildungen auf Taf. 1 und Taf. 2 stellen Zähne in natürlicher Grösse dar, mit Angabe der Dimensionen einiger derselben. Die Zeichnungen *a* geben die Ansicht der äussern Seite des Zahnes, *b* im Profil, *c*, von der innern Seite oder vom Rachen aus, *d* bezeichnet die Contour der Krone, *e* des Halses und *f* der Wurzel; *o* deutet die Vertiefungen an, die durch Zerstörung der Wurzel des alten Zahnes mittels Resorption durch Druck des emporwachsenden neuen, wie das oben erklärt wurde, entstand. Die Ergänzung der Contour einiger Zähne ist durch punctirte Linien bezeichnet. Auf Taf. 2, Fig. 8 ist durch die Zeichen *al*, *ag* und *3.2* die Uebereinstimmung dieser Abbildungen mit den von R. Owen (Pl. 3. Fig. 1 und 2 brit. foss. Rept. Ichth.) dargestellten Querschnitten eines Kopfes des Ichthyosaurus (*vide supra*) dargethan.

Die Farbe aller hier beschriebenen Zähne des *Ichthyos. compylodon* Carter aus dem Sewer'schen Osteolith ist an Hals und Wurzel mehr oder weniger gleich und verändert sich von einer weissgelb-bräunlichen bis zu einer dunkelröthlich-braunen, die Farbe des Schmelzes an der Krone aber von einer weissen bis zur dunkelbräunlichen und sogar schwarzen. Man muss annehmen, dass eine solche Färbung der Zähne, wie auch aller übrigen Knochen dieser Thiere, die in unserm Sewer'schen Osteolith gefunden werden, bei ihrer Petrificirung entstanden ist, ihre ursprüngliche Farbe aber und die des Schmelzes wahrscheinlich die gewöhnliche Farbe der jetzt existirenden Seewirbelthiere war.

Auf Taf. 2, Fig. 14 *a* ist das Aussehn des Schmelzüberzuges einer Zahnkrone bei Auseinanderfaltung der (conischen) Oberfläche und 4-facher ($^4/_1$) Vergrösserung dargestellt. Hier erkennen wir die Form und Zertheilung der Schmelzrippen und die sie trennenden Furchen,

ihre Beziehung zu den Windungen der Oberfläche des Halses, was mit $^{05}/_{4}'''$ und $^{2}/_{4}'''$ bezeichnet ist und angedeutet, dass die Schmelzrippen an der Schnittlinie des Schmelzes in natura die Breite von 0,12—0,5″ haben. Die Breite der Furchen zwischen diesen Rippen ist an derselben Schnittlinie des Schmelzes von 0,01—0,05″. Sowohl die Breite und Tiefe dieser Furchen, als auch die Dicke und Höhe der Rippen nehmen zur Spitze der Krone allmählig ab, und bieten eine glatte Oberfläche dar. Einigen solcher Schmelzrippen entspricht am Zahnhalse eine bedeutend kleinere Zahl schwacher Falten, welche nach unten zu noch flacher werden. Fig. 14 *b* zeigt uns bei zehnfacher Vergrösserung ($^{10}/_{1}$) die erhabenen Schmelzrippen und sehen wir dass dieselben sich als leichte Anschwellungen darstellen und in natura 0,13‴ lang und bis 0,1‴ breit sind. Natürlich hängt die Grösse und Deutlichkeit dieser Hügelchen (der Rippen) von der Entwicklungsstufe des Zahnes und der Abreibung des Schmelzes ab Die Hügelchen und erhabenen Rippen sind mehr glänzend und durchscheinend, während die Längsfurchen *ss* und die Quervertiefungen *ss* zwischen den Hügelchen mehr undurchsichtig erscheinen. Dieses kommt daher, dass in diesen Vertiefungen das Cement eine dickere Lage bildet.

Bevor wir zur Erklärung des microscopischen, auf Taf. 3, 4 abgebildeten Baues der Gewebe dieser Zähne übergehn, muss Folgendes bemerkt werden: Fig. 1 und 3 auf Taf. 3 zeigen in natürlicher Grösse ($^{1}/_{1}$) einen vollständigen Schnitt von Oberkieferzähnen in verticaler, in Bezug zur Längesachse des Kiefers aber transversaler Richtung und Fig. 2 den verticalen Schnitt eines Unterkieferzahns, aber in der Längesrichtung des Kiefers. Fig. *1 a*, *2 a*, *3 a* sind dieselben Zahnschnitte viermal vergrössert, die Gewebe sind bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung dargestellt.

Auf allen Abbildungen der microscopischen Untersuchungen von Zahn- und Knochengeweben der Enaliosaurier, sowohl in diesem, als auch in den beiden folgenden Theilen bedeuten: *a*) die innere oder Pulphöhle des Zahns (*Pulp-cavity*), welche bei einigen Thieren eine Zerstückelung zeigt (vergl. p. 31 d. Dissert. von Dr. Baume: Bemerk. über die Entwicklung und den Bau der Säugethierzähne, Leipzig 1875). Anzeichen von Zerstückelung der Pulpa, von der Wedl., C. Thomas und Baume erwähnen, finden wir im Zahne von Lütkesaurus.

a bezeichnet den die Fortsetzung der Pulphöhle zur Spitze der Krone bildenden Kanal. An vollständig ausgebildeten oder ausgewachsenen Zähnen ist dieser Kanal nur durch eine Mittellinie angedeutet, von der die Dentinkanälchen strahlenförmig zur Zahnoberfläche gehen.

b das Dentin, echtes oder hartes Dentin, das elfenbeinartige Zahnbein, Zahnsubstanz, *substantia eburnea, Dentine solide, massive.*

c. den Schmelz oder das glasartige Dentin, Email, Ganoidea der Fische, vitro-dentin, Hornsubstanz, *substantia vitrea, adamantinea.*

d. das Cement, Knochendentin, *Substantia osteoidea, vasodentin.* Kitt.

d'' das dem vorhergehenden ähnliche Osteodentin, welches noch nicht fest geworden und keinen deutlichen Bau aufweist. Zahnbeinknorpel, Breicement.

d' eine dünne homogene Schicht, welche den Schmelz umgiebt und für eine die äussere Kapsel umgebende Cementdecke gehalten wird und aus einer gleichförmigen, oder amorphen, gestaltlosen Masse besteht.

d''' den schwächsten Theil des Gewebes *d'* von einem ganz undeutlichen Baue.

kr. die Knorpelzellen. Diese Zellen nennt man zum Unterschiede von den glasartigen oder Hyalin-Knorpelzellen besser Knorpelhöhlen. Aus solchen Zellen werden die peripherischen Zellenschichten gebildet. Sie erscheinen bei der Verknöcherung in Form von Höhlen ohne Ausläufer und werden in der ossificirten Rindenschicht des Knorpels, in den periostalen Knochen, dem äussern Periostium und in der corticalen Knochenschicht angetroffen.

Wenn die Zellen winklig werden und der Beginn der Bildung von Ausläufern an ihnen bemerkbar wird, d. h. wenn sie den Charakter von Knochenzellen oder Knochenhöhlen annehmen, erhalten sie den Namen Osteoblastenzellen und die von ihnen gebildete Schicht — Osteoblastschicht[1]).

---

1) In der schwachen gestaltlosen oder amorphen Masse des primären Gewebes treten helle Kreise auf, welche die trüben Kerne umgeben —, das sind Knorpelzellen *k r*, mit den in denselben enthaltenen Kernen.

Dies ist eine embryonale Zelle, die das Ansehen eines Fett-Tröpfchens hat, welches einen Kern (Nucleus) enthält, der aus Salzen besteht, die in der Matrix oder Intercellularsubstanz sich befinden. An der Peripherie der Zelle oder der Berührungslinie vermengt sich die Fettsubstanz etwas mit der Intercellular-Substanz und daher erscheint manchmal die Peripherie als Membran und der Inhalt wie von einer Wandung begrenzt. Die Intercellularsubstanz selbst, aus welcher auch der Zellenkern besteht, besitzt einige Festigkeit und Elasticität, die von der Menge der in ihr enthaltenen Salze abhängt, letztere bedingen auch ihr erdiges Aussehen. Diese Matrix oder Intercellular-Substanz wird gleich bei der Entstehung der organischen Thätigkeit aus Salzen und Fettsubstanzen gebildet. Die Fettpartikelchen streben zur Vereinigung mit einander und bilden stellenweise Tropfen, und aus den Salztheilen, die sie mit sich fortreissen entstehen die in ihnen enthaltenen Kerne von verschiedener Grösse. Indem die Salze des Kerns sich durch Auflösung vereinigen, schwellen die Kerne erst auf und nehmen an Umfang zu, darauf theilen sie sich und so entstehen Tochterzellen.

In dem Knochengewebe des Ichthyosaurus, besonders aber in dem des Plesiosaurus bemerkt man in der verkalkten Knorpellage und vorzüglich in den Medullarcanälen und Medullarhöhlen zwischen den Ueberbleibseln der Zellen auch die Reste der Fettzellen, welche oval oder rundlich, zuweilen aber durch enge Aneinanderlagerung polyedrisch geformt sind.

Solche Zellen, sowie die Knorpelzellen *kr* würde man, wie erwähnt, zum Unterschiede von den Knorpelzellen des Hyalinknorpels besser Knorpelhöhlen nennen. Diese Knorpelhöhlen besitzen auch die Eigenschaft sich zu vervielfältigen und Tochterzellen zu bilden. Aus derartigen Knorpelhöhlen *kr* wird die peripherische Zellschicht gebildet. Bei der Bildung des Dentins erscheinen die Knorpelhöhlen in Reihen gelagert, bisweilen mit seitlichen Zweigen. Die Knorpelhöhlen sind von verschiedener Grösse und ihre Gestalt variirt von der runden bis zur länglich ovalen. Bei der Zunahme der Verknöcherungsmasse oder bei Sclerosirung des Blastems (d. i. der primären Substanz) vermehren sich die Zellen und verwandeln sich in Osteoblastenzellen *rl* und *r'l'*. Die Vermehrung der Zellen ist von einer Theilung des Inhalts oder der Kerne begleitet. Diese bilden, indem sie sich mit der primären Substanz, dem Blastem, unter Mitwirkung von Salzen verbinden Proteinverbindungen, (s. g. Tochterzellen) und eben darin besteht der Verknöcherungsprocess oder die Sclerosirung der Gewebe. *rl* Höhlen oder Osteoblastenzellen ohne Ausläufer und *r'l'* solche mit Ausläufern (vergl. Taf. 17 Fig. 6 B und viele andere) erscheinen, ebenso wie die Zellen *kr* als durchsichtige Ringe mit dunkler Mitte, die concentrische Streifung der Wände jedoch ist besonders an der äussern Seite schwächer ausgeprägt und verschwindet bisweilen sogar auf beiden Seiten ganz. An

lk Knochenkörperchen oder Knochenzellen, sternförmige Zellen, Knochenkörner, Cellules calcifères und — bei etwas grösseren Dimensionen — Knochenhöhlen und Osteoblasten im Cement genannt. Dabei bezeichnen *tl* die Kanälchen oder Ausläufer der Knochenkörperchen. Dieselben haben bisweilen schwache und kaum bemerkbare, manchmal sehr lange Ausläufer.

Es kommen solche Höhlen auch mit radialen Ausläufern und concentrischer Streifung der Wandung vor, d. h. eine weiche, kaum Andeutungen von Fasern enthaltende Grundsubstanz (Intercellularsubstanz) umschliesst spindelförmige oder seitlich comprimirte Zellen, die durch die Verbindung der Grundsubstanz mit Kalksalzen zu Knochenkörperchen werden.

rl Höhlen oder Osteoblastenzellen ohne Ausläufer, welche in der ossificirten Rindenschicht des Knorpels, in der periostalen Knochenschicht und in der corticalen Knochenschicht angetroffen werden.

r'l' Osteoblastenzellen, das sind ebenfalls Knorpelhöhlen *kr*, doch schon in der Entwicklungsperiode, in welcher sie ein mehr oder weniger eckiges Aussehn haben, d. h. Ausläufer aufzuweisen beginnen und, so zu sagen, den Charakter von Knochenhöhlen *lk* anzunehmen beginnen. Die von ihnen gebildete Schicht wird Osteoblastschicht genannt.

k'r' Anhäufung von Zellen im Schmelze, Zellenmassen, Globularmassen aus welchen nach Dr. Kollmann Hohlräume hervorgehn, die er als Hügel von Zahnbein mit lufthaltigen Interglobularräumen im Schmelz ansieht (vergl. Zeitschr. f. wiss. Zoologie von Siebold. B. 23, Heft 3, 1873 und Taf. XX, Fig. 4, p. 399 «über Zahnbein, Schmelz und Cement»).

t'c' einzelne Zellen im Schmelze oder Keime, Email-, Schmelzzellen, Schmelzhöhlen, Globularräume im Email.

l'k' kleine schwarze Punkte, welche an manchen Stellen als Hemmungen der Dentincanälchen *tu* erscheinen. Solche Knötchen oder Dentinzellen stehen durch ihre Ausläufer mit den Canälchen *tu* und Röhrchen *tc* in Verbindung. Es sind ebenfalls Globularräume oder Höhlungen, die sich aber im Dentin befinden oder an dasselbe stossen.

m. Medullarräume, *Cavitates medullares*; in verknöchertem Knorpel heissen sie Markräume im Knorpel.

Stellen die vollständiger verknöchert sind, erscheinen die Osteoblastenzellen zuweilen als Knochenhöhlen *lk*, *l'k'* als wirkliche intercelluläre Hohlräume, die nicht von einem hellern Streifen umgeben sind (vergl. Th. 2, Taf. 18, Fig. 9). Die Osteoblastenzellen *rl* und *r'l'* bildeten, indem sie sich vermehrten, Gruppen von verschiedener Grösse. Diese Gruppen vervielfältigten sich ihrerseits auch. In Folge einer solchen Anordnung kam es, dass die Zellen wegen ihrer runden Gestalt Zwischenräume *tl* freiliessen, die später als Leiter der Ernährung des Knochengewebes dienten und ihrerseits selbst durch Ablagerung der sie durchdringenden Substanz verwuchsen. Die Gruppen der Zellen bildeten durch ihren bedeutenden Umfang auch grössere Zwischenräume oder Interstitien *lk* und *l''k''*, welche den vom Netze der Interstitien weiter getragenen Nahrungsstoff enthielten. Diese spindelförmigen Höhlungen *lk* und *l''k''* erhalten sich in allen Knochen und deuten durch ihre Anordnung auf dem hellen Felde des Blastems die Schichtung des Knochens um die Nutritiv- oder Havers'schen Canäle und die grossen Markhöhlungen an.

vn. Havers'sche Canälchen, Nutritiv- oder Medullarcanäle, *vaisseaux nutritifs ou canaux medullaires.*

v'n' Medullarhöhlen und Canäle im provisorischen Zustande.

tu Zahn- oder Dentincanälchen, *canaux dentritices* und

zz deren Quer- und Seiten-Ausläufer oder Verzweigungen.

t'u' die Reihen verlängerter primärer Zellen, die in Canälchen und Kalk- oder Dentinröhrchen übergehn, wo auch ihre Wandungen und ihr kalkiger Inhalt zu sehen sind.

tc die feinsten Verzweigungen der Dentincanälchen *tu* oder kalkführende Röhrchen, echte Zahn-, Dentinröhrchen, *tubulae calciferae.*

td strahlige Fasern (Prismen höherer Thiere), welche im Schmelze concentrische Bogen oder Streifen bilden und *t'd'* ihr Anfang oder Austritt aus den Zellen *t'c'*.

Solche concentrische Bogen bilden ganze Streifen, die sowohl an den Längen- als auch an den Querschnitten der Zähne sichtbar sind. Diese Streifen gehen der Oberfläche der Krone parallel. Dr. Kollmann schreibt ihr Zustandekommen den Kurven und Knickungen der Schmelzprismen und Zahnröhrchen zu (vergl. auch p. 389).

t"d" Streifen der Begegnung oder Kreuzung der Röhrchen *td*, vielleicht auch nur ihrer Knickungen.

t Knochen- und Cementröhrchen.

bd Uebergang des harten Dentins in Cement oder Knochendentin — ist deutlicher an den Zähnen der Ichthyosauren und Crocodile wahrgenommen worden.

cb Uebergang des Schmelzes in Cement.

bl. Blastem-Ablagerung als homogene und durchsichtige Schicht (Lamellenschichte von Faserknochengewebe, Bindegewebs-Knochensubstanz, concentrische Lamellen von Knochen, Lamellensysteme um die Markcanäle).

mb Schichtung im harten Dentin, Contour-, concentrische Schichtung.

b'b' concentrischer Streifen im Dentin, welcher über den ganzen Conus der Krone geht, nach Dr. Kollmann: die durch regelmässig angeordnete Interglobularräume hervorgebrachte Linie (vergl. ibidem). Ein solcher Streifen ist deutlicher an den Zähnen des *Crocodilus niloticus* und *Thaumatosaurus mosquensis n.* zu sehen.

s Riss im Schmelze, welcher in der Richtung der Höhle des Zahnes geht.

s' und *s"* Querrisse im Schmelze.

n Radialrisse oder Radialhöhlen, welche von den Havers'schen oder Medullar-Canälen ausgehn.

fr Ein kleines Foramen in der Wurzel eines vollständig ausgebildeten Zahnes, welches zum Durchgange der Blutgefässe und Nerven in die Pulphöhle diente.

Die dargestellte Zusammensetzung der Zahntheile bei den Ichthyosauren entspricht genau ihrer Bestimmung. Die Wurzel, der ernährende Theil, ist der am meisten spongiöse Theil, besteht aus körnigem, zelligem Knochen oder aus Cement, das einen Uebergang in

Dentin zeigt, welches erst etwas unter der Pulphöhle beginnt. Die Wurzel ist nie mit Schmelz bedeckt und in ihrer Masse ist ebenfalls nirgends Schmelz zu entdecken.

Das Cement oder Knochendentin erscheint als ein ganz ähnliches Gewebe wie das gewöhnliche spongiöse Knochengewebe mit Knochenkörnern und wie man sie in den Skeleten aller Wirbelthiere antrifft. In den von uns untersuchten Zähnen, wie in den Zähnen der meisten Thiere, ist das Cement sehr fest mit dem Dentin verbunden. Die Cementmasse wird von Medullarcanälchen und überhaupt von Nutritivgefässen durchzogen. Sie nimmt nach der Zahnwurzel hin an Dicke zu, wird aber weniger dicht, also erfolgte auch in diesem Gewebe das Dichterwerden allmählig. Wo viele Blutgefässe durchgingen war die Masse genügend mit Blastem versorgt, welches sich allmählig in ossificirtes Cement umgestaltete. Sein Bau ist auch im versteinerten Zustande deutlich durch sternförmige Zellen oder Körner charakterisirt, daher sieht man in dem Cemente dieselbe Vertheilung der Organisationselemente, wie in den Knochen.

Die Substanz des definitiv ausgebildeten Cements ist durchsichtiger, als die weniger dichte Cementmasse, welche in einzelnen mehr trüben oder dunklen Theilen in den Zwischenräumen des ältern und hellern Cements vorkommt.

Die Bildung des Cements ist, wie man annehmen muss, in diesen Zähnen in derselben Art, wie wir sie bei den jetzt lebenden Thieren beobachten, vor sich gegangen und musste ebenfalls durch Verknöcherung des Bindegewebes zu Stande kommen, wobei die Interglobularsubstanz sich mit Kalksalzen verband und sclerosirte, die Zellen in der Bindesubstanz aber, mit einander in Verbindung bleibend, in Knochenhöhlen übergingen (vergl. Gegenbaur Anat. p. 25 und 26).

Das Osteodentin, vasculäres Dentin, breiiger Cement *d″* ist durch nichts von der schwachen breiigen knorpligen Substanz unterschieden, daher seine Benennung dadurch gerechtfertigt wird, dass es sich in der Zahnhöhle und nicht in den Hohlräumen des festen Knochens befindet.

Reste des Osteodentins sieht man an vielen Zähnen des Ichthyosaurus, dasselbe erscheint aber überhaupt nur bei der Verknöcherung des breiigen Cements in den Gefässen.

Man muss annehmen, dass die Existenz dieser Substanz in diesem Falle ebenso normal, wie, nach R. Owen's Beobachtung, bei vielen Fischen ist.

Wenn wir die mittlere Grösse des Durchmessers der Medullarcanäle im Cemente der von uns untersuchten Zähne zu 0,012‴ annehmen, so muss der Durchmesser der Medullarcanäle im Osteodentin durchschnittlich wenigstens zu 0,023‴, d. h. fast doppelt so gross angenommen werden.

Der Zahnhals d. h. derjenige Theil, durch welchen der Zahn im Gaumen befestigt wird, ist ebenfalls nie mit Schmelz überzogen, besteht ganz aus Dentin welches von einer dünnen Cementschicht bedeckt ist, doch sind in diesem Cemente, wie in dem, welcher den Schmelz deckt, keine Knochenzellen zu sehen, sie kommen nur im Cemente der Zahnwurzel selbst vor.

Das Dentin, oder genauer das harte Dentin, die *substantia eburnea*, hat in den von uns untersuchten Zähnen denselben einfachen und festen Bau, wie R. Owen denselben angiebt.

Auf Taf. 3, Fig. 4 ist ein Theil des Längenschnitts einer Zahnkrone bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung dargestellt. *tu* bedeutet die Zahn- oder Dentincanälchen, welche in *tc* d. i. in die Tuba calcifera übergehn. *l'k'* bedeutet die kleinen Dentinzellen und Globularräume, welche mit den Enden der Canälchen *tu* und den Röhrchen *tc* in Verbindung stehen. Nach meinen Messungen ist in den untersuchten Zähnen der Durchmesser der Dentincanälchen durchschnittlich nicht grösser als 0,0004‴ mit Interstitialräumen von nicht mehr als 0,0002‴[1]). Solche Canälchen verbreiten sich, wie auf Taf. 3, Fig. 1, 2, 3 sichtbar ist, strahlenförmig von der innern Zahnhöhle und ihrer Spitze und bilden Bogen, welche zur Peripherie und Spitze des Zahnes gehen und zwar mit der Concavität des Bogens zur Zahnbasis; ihre Fortsetzungen in dem Schmelze bestehn aus graden, zur Aussenfläche des Zahns sich normal verhaltenden Theilen.

Am Querschnitte der Zahnspitze Taf. 4, Fig. 2 bei $^{15}/_{1}$-facher Vergrösserung der Contour und $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung des Gewebes bemerkt man, dass die Dentincanälchen ihre eigenen Wandungen haben und durch eine homogene Interstitialsubstanz fest mit einander verbunden sind. Diese Canälchen laufen, wie man auf Taf. 4, Fig. 10 bei $^{900}/_{1}$-maliger Vergrösserung sieht, mehr oder weniger wellenförmig durch die ganze Dicke des Dentins bis zum Schmelze. Dabei theilen sie sich, geben Aeste ab, verbinden sich unter einander, einige der Canälchen aber dringen in's Innere des Schmelzes ein.

Es ist daraus ersichtlich, dass das Dentin ein Zahnbeinsystem darstellt, das nur aus der Pulpa, die sich um eine die Reste dieser matrix des Dentins enthaltende Höhlung gruppirt, gebildet wird. Eine derartige Form des Zahngewebes ist, trotz der Eigenthümlichkeit ihres Baues, mit dem Cementgewebe eng verbunden, wie man auf Taf. 3, Fig, *1 a*, *2 a* und *b* und auf Taf. 4, Fig. 7, 8 und 11 an dem Längenschnitte eines Zahns und dem Querschnitte seiner Wurzel bei $^{70}/_{1}$- und $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung sieht. Die letzte Abbildung stellt den Bau der Gewebe im Querschnitte bei einer $^{140}/_{1}$-fachen Vergrösserung Fig. 8 dar. Sowohl das Dentin-, als auch das Cementgewebe lassen auf gleiche Weise die Bildung intercellulärer Substanz zu.

Wie viele Paläontologen bemerkt haben zerfällt unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft das versteinerte Dentin in concentrische Plättchen, die mehr oder weniger zahlreiche Prismen bilden. Eine Andeutung solcher Schichtenbildung bemerkt man, wie durch Striche angegeben, auf Taf. 3, Fig. 1, 2, 3 und auf Taf. 4, Fig. 6, 7 und 8. Nach Dr. Theodori gehen in den Zähnen des *Ichthyosaurus trigonodon* die Dentintheile von der innern Höhle in verticalen Scheidewänden, in der äussern Cementdecke aber sind Röhrchen

1) Der Durchmesser der Dentinkanälchen und Interstitialräume verändert sich von der Mitte des Zahnes zur äusseren Oberfläche desselben allmählig.

enthalten, welche ebenfalls eine verticale Richtung haben. Eine solche Vertheilung dieser Röhrchen entspricht den Falten der Cementdecke. Der unterste Theil der Wurzel aber ist bei grösserer Ungleichmässigkeit der Vertheilung und Vermischung des Dentins mit dem Cement, sowie der Canälchen und Zellchen gebildet. Dr. Theodori findet, dass die Theile des Dentins viele vereinzelte Vorsprünge hätten, welche innerhalb der Zahnwurzel einen sternförmigen Kreis bilden. Meiner Meinung nach weist aber dieses darauf hin, dass mehre Zahnbeinsysteme vorkommen, von denen jedes seine, obgleich kürzlich von der Haupthöhlung getrennte, mit Pulpa gefüllte Centralhöhlung hatte. Aus einer jeden solcher secundären Central-Pulphöhlung verbreiten sich Zahnbeincanälchen, welche einen centripetalen Verlauf haben. In dem Gewebe der Cementmasse hat Dr. Theodori keinen deutlichen Bau, sondern nur eine Menge mit Kalkspath angefüllter Zellen bemerkt.

Die aus Dentin bestehenden Scheidewände reichen beim *Ichthyos. trigonodon* an eine dicke, unten abgerundete Schicht, in welcher die Reste des Dentins verschwinden und wir nur noch die kleinen, dem Cement eigenthümlichen, mit Kalk gefüllten Zellen bemerken.

An den, genau nach den microscopischen Untersuchungen bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung ausgeführten Zeichnungen Taf. 3, Fig. *1 a*, *2 a* und *3 a* sehen wir, dass die Dentinschicht des *Ichthyosaurus compylodon*, die innere Höhle umgebend, nicht ganz bis zur Basis der Zahnwurzel reicht, sondern dass das Dentingewebe in Cement übergeht und dass das Dentin Taf. 4, Fig. 8 sogar in der Tiefe der Wurzel selbst seine Schicht isolirt erhält und daher, falls die Beobachtungen vermittelst der Lupe Dr. Theodori nicht irregeführt haben und er das Cementgewebe an der Basis der Zahnwurzel des *Ichthyos. trigonodon* nicht etwa für Dentingewebe angesehen hat, muss man annehmen, dass die Anordnung der Dentin- und Cementschichten in den Zähnen des *Ichth. trigonodon* eine andere ist, als in den Zähnen des *Ichth. compylodon*, und dass in dieser Hinsicht die Zähne des letztern mehr denen des *Ichthyosaurus communis* ähnlich sind[1]).

An der Wurzel dringt das Cement in Gestalt kurzer Falten *o*, in die Vertiefungen der Dentinschicht; manchmal durchziehen solche Falten das Dentin nach seiner ganzen Dicke *ò* Taf. 4, Fig. 8 und 11.

Auf Taf. 4, Fig. 1—9 incl. ist die äussere Gestalt eines Oberkieferzahns an seiner innern Seite gleich der Zeichnung auf Taf. 1, Fig. 2 bei einer $^{2}/_{1}$-fachen Vergrösserung, mit den Querschnitten, welche seiner Länge nach an den mit denselben Zeichen versehenen Puncten aufgenommen worden sind, dargestellt. Von denselben ist der zweite Querschnitt bei einer $^{16}/_{1}$-fachen Vergrösserung der Contur, der 3-te bei einer $^{8}/_{1}$-maligen, die folgenden 4—9 incl. aber bei einer $^{4}/_{1}$-fachen Vergrösserung der Contur, die Structur der Gewebe bei den microscopischen Untersuchungen aber bei $^{95}/_{1}$- und $^{70}/_{1}$-facher Vergrösserung dargestellt.

1) Uebrigens hängt das tiefere Eindringen des Dentins in die Basis der Zahnwurzel vom Alter des Thieres ab und deutet darauf hin, dass der *Ichth. trigonodon* ein sehr hohes Alter erreicht hat.

Die Zeichnung Fig. 10 derselben Tafel stellt bei $^{900}/_{1}$-maliger Vergrösserung die microscopische Structur zweier Rippen aus dem 5-ten Querschnitte des Zahnes bei einer ^{200}ge maligen Vergrösserung der Contur dar, zeigt uns das feste Dentin mit seinem Uebergan$/_{1}$-in Schmelz, die *Tubae calciferae* mit ihren feinsten Endigungen, welche die fasrige Structur des Schmelzes darthun. Diese Fasern dringen übrigens nicht durch die ganze Dicke der Schmelzlage, sondern bezeichnen die aus strahligen Fasern *td* bestehenden concentrischen Streifen.

Die Abbildung Fig. 11 stellt einen Theil des Querschnitts einer Zahnwurzel aus dem 8-ten Schnitte bei $^{140}/_{1}$-maliger Vergrösserung dar. Hier sieht man das harte Dentingewebe *b* einerseits in Cement *d*, anderseits in Osteodentin *d''* übergehn.

Taf. 3, Fig. 5—10 incl. (zur Fig. *4* und *4 a* gehörig) stellt Schnitte der Zahnkrone dar, in verticaler Richtung zu ihrer Höhe, von der äussern Oberfläche der Krone beginnend und sich mehr und mehr durch die Cementschicht *d'* und den Schmelz *c* hindurch in die Dentinschicht *b* vertiefend, wie dieses an Fig. *4* und *4 a* durch die Flächen 5—10 angedeutet ist.

Auf Taf. 3, Fig. 2, 6 und Taf. 4, Fig. 11 ist bei $^{140}/_{1}$-facher Vergrösserung der Uebergang des Cementgewebes in Dentingewebe sichtbar. In diesem Zustande enthält das Cement viele Dentincanälchen, in dem Dentin aber sieht man viele Knochenzellen, was deutlich darauf hinweist, dass das Cement und das Dentin nur Formverschiedenheiten eines und desselben Knochengewebes bilden.

In beiden Geweben sieht man die Dentincanälchen bald fest mit einander vereinigt, bald von einander getrennt, mit Verzweigungen, die vielfach, sowohl mit den Endigungen ähnlicher Canälchen, als auch mit den Ausläufern der Knochenzellen sich vereinigen, namentlich in Folge dessen, dass bei der Ablagerung der gleichförmigen, durch Kalkverbindung sclerosirten Masse, die Zellen, die den Stoff dazu absonderten, ihre Canälchen in dieselbe sendeten.

Wenn eine solche Bildung in derselben Ordnung, wie sie begann, vor sich ging, so dass ganze Zellen nicht in die abgesonderte Schicht gelangten, so führte sie zur Bildung eines solchen Knochengewebes, in welches nur die feinen Oeffnungen der Poren und zwar in einer mehr regelmässigen Richtung, eindrangen, d. h. es bildete sich Dentin. Falls aber im Gegentheil die getrennten einzelnen Zellen nach und nach in der abgelagerten Substanz blieben, verwandelten sie sich in Knochenkörner, die wir in der Interglobularsubstanz eingeschlossen finden und auf solche Art wurde eine andere Form des Zahngewebes — Cement gebildet.

Eine solche, von Dr. E. Gegenbaur gegebene Erklärung der Dentin- und Cementbildung wird durch die microscopischen Untersuchungen an den Geweben der Zähne des *Ichthyos. compylodon*, des *Crocodilus niloticus*, *Polyptychodon*, *Thaumatosaurus* und *Lütkesaurus* bestätigt.

Die Krone, der äussere, oder als Kauwerkzeug dienende Theil des Zahnes besteht aus Dentin, welches von Schmelz überzogen und mehr oder weniger gerippt ist.

Schon H. G. Bronn bemerkte, dass die Schmelzfalten tief in die Masse des Zahnes eindringen. R. Owen wies nach, dass der Schmelz von einer dünnen Cementlage überzogen sei und dass diese oberflächliche Cementlage *d'* im Schnitte nur als feine Linie einer Substanz erscheint, welche undurchsichtiger, als der von ihr umschlossene Schmelz ist.

A. Pander — in seiner Dissert. inaug. de dentium structura St. Petersb. 1856 p. 12 sagt, dass an dem äussern Rande des Schmelzes eine Schicht regelmässig verbundener Zellen sichtbar sei. Diese Kerne enthaltende Zellen betheiligen sich an der Cementbildung, indem sie allmählig zerfallen, wobei ihr Inhalt zur primären Substanz wird, die Kerne aber den Knochenkörperchen entsprechen. Bei Pferden und Rindern ist ein solcher den Schmelz überdeckender Ueberzug bei vorgerücktem Alter von ansehnlicher Dicke. Er besteht aus homogener Masse, welche, obgleich sie keine bestimmte Structur aufzuweisen hat, dennoch auf seinen knochenartigen Bau hindeutet.

Diese Masse nennt man, zum Unterschiede von dem die Wurzel bildenden Knochen, Kronen-Cement. Von vielen Naturforschern wird dieser Kronen-Cement bei den höhern Wirbelthieren und bei dem Menschen nicht für das Produkt des Schmelzes, sondern für eine von einem besondern Cementorgan oder den Zahnsäckchen abgesonderte Knochenmasse angesehen. Bei den Enaliosauriern erkenne auch ich in dieser den Schmelz überdeckenden Cementschicht weder echte Knochenbildung, noch Knochen- oder Cementzellen, noch eine bestimmte Structur, daher finde ich die Bemerkung Charles Thomes sehr interessant, welcher meint, dass diese den Schmelz bedeckende Schicht, welche, wie bekannt, in den embryonalen Zähnen des Menschen aus mehr flache Zellen enthaltendem Epithel entsteht, verhornt.

Aus meinen Beobachtungen ist ersichtlich, dass an den erwähnten Zähnen die den Schmelz bedeckende Schicht *d'* aus einer Substanz besteht welche sich hauptsächlich in den Vertiefungen *ss* der die Schmelzrippen der Krone von einander trennenden Furchen und in den Vertiefungen *s's'* dieser Rippen selbst Taf. 2, Fig. *14 a* und *b* befindet und durch Verzweigungen *ts* in das Dentin eindringt Taf. 4, Fig. 10.

Diese Verzweigungen erzeugten nachträglich eine Substanz, welche die Dentinmasse zerstörte, wie man das aus der Färbung der Mündungen der Risse *s* im Schmelze um die ganze Krone herum schliessen kann. Taf. 4, Fig. 5 und 10. An den Längesschnitten der Zähne Taf. 3, Fig. *1 a*, *2 a* und *3 a* an der Kronenhöhe in ihrer Peripherie sieht man einen dunklen Streifen der den Schmelz überziehenden Decke, dessen Breite nicht nur veränderlich ist, sondern stellenweise auch ganz verschwindet. Dieses hängt davon ab, welche Lage die Schnittfläche beim Poliren des Objectivs hatte, denn an convexen Stellen der Rippenbasen des Schmelzes Taf. 4, Fig. 10 ist die den Schmelz bedeckende Schicht dünner, als an den Stellen, welche an die Rippe *s* stossen und kann sogar stellenweise ganz fehlen.

Um das Verhältniss des Schmelzes zur ihn deckenden Schicht *d'* noch klarer zu machen,

sind, wie auf Taf. 3, Fig. 4 und *4a* bei $^{140}/_{1}$-maliger Vergrösserung gezeigt ist, Längsschnitte an der Krone gemacht, welche als Flächen 5—10 erscheinen, die sich von der obern Fläche der Krone durch die Schmelzschicht *c* bis zum Uebergang derselben in das Dentin erstrecken. In Folge dessen sieht man: 1) dass an der äussern Oberfläche selbst Fig. 5 der Schmelz durch sehr unregelmässige Länges- und Querrisse in einzelne Theile zerlegt wird, an welchen stellenweise durch Puncte der erkennbare Durchschnitt der Röhrchen und die stellenweise in den feinsten Rissen erhaltene Substanz der Decke *d'* bezeichnet ist; 2) an Figur *b* sehen wir, dass die einzelnen kleinen Theile des Schmelzes sich zu grössern verbinden, seine Masse aber von einer bedeutenden Anzahl grösserer Röhrchen durchdrungen ist. Die Breite der Risse zeigt, dass sie nicht constant ist und dass die Risse eine mehr longitudinale Richtung einhalten; 3) Fig. 7, der letzte Schnitt durch die Schmelzschicht zeigt, dass die Längsrisse prädominiren. Dabei muss bemerkt werden, dass die Streifen 5, 6 und 7 von einander durch die entsprechend vergrösserte Breite der Risse *s* getrennt sind, obgleich diese Schnitte perpendiculär zu der Fläche der Zeichnung, auf welcher sie dargestellt, gemacht sind; 4) Fig. 8 fällt in die Uebergangsschicht des Dentins in den Schmelz. Hier sieht man, dass die Verzweigungen der Zahncanälchen in die Längsrisse münden, sowie an Fig. 9, dass die Risse gegen die Tiefe zu immer schmäler werden und endlich 5) dass die erwähnten Risse an dem untersuchten Zahne, wie Fig. 10 zeigt, nicht so tief in die Dentinmasse eindringen, und dass diese Masse nach allen Richtungen nur von Zahncanälchen *tu* mit ihren Verzweigungen *tc* durchzogen ist.

Der Schmelz, glasartiges Dentin, Substantia vitrea ist eine helle feste Substanz, welche zarte Spuren einer fasrigen oder fibrösen Structur zeigt, wobei die Fasern normal zur Oberfläche gerichtet sind. Die Fasern liegen ohne bemerkbare Interstitialsubstanz neben einander. Im Querschnitt erscheint der Schmelz wie gestreift, was durch den wellenförmigen Verlauf der ihn bildenden Fasern bedingt wird. Noch von G. Cuvier's Zeiten her hat sich die Meinung festgestellt, dass der Schmelz bei höhern Wirbelthieren und beim Menschen aus durchscheinenden Fasern oder Prismen besteht, welche Fünf- oder Sechsecke verschiedener Länge und Breite bilden, sich durch die ganze Dicke des Schmelzes, wie man dies bei den Embryonen am besten sehen kann, erstrecken. A. Pander (Dissert. p. 14) sagt, dass dem im Cement ähnliche Canälchen bisweilen auch von dem Dentin in den Schmelz gehen, doch ihre Anzahl in letzterm unbedeutend ist, da sie selten tief in den Schmelz eindringen, vielmehr abrupt endigen und dass man sie nicht mit den von R. Owen und Kölliker beschriebenen Spalten verwechseln darf, obgleich ihre Wandungen ziemlich einander parallel verlaufen. A. Retzius (vergl. Müller's Archiv 1837, p. 503 und 541) erklärt, bei Untersuchung der Zähne des Faulthiers (*Bradypus*) ebenfalls bemerkt zu haben, als wenn die Enden der Canälchen aus der eigentlichen Knochensubstanz an vielen Stellen in den Schmelz übergehen, indem sie sich mit den Canälchen des letztern vereinigen und dass viele in den Schmelz übergehende Zweige der Zahncanälchen in kleine Globularräume münden; dass der Schmelz, da wo er sich mit dem Zahnbein verbindet, eine Menge enger Spalten hat, welche

durch die hier von einander weichenden Fasern des Schmelzes entstehen. Besonders sind nach Retzius diese Schmelzspalten bei *Ballistes vetula* und *Sparus Rondoletii* bemerkenswerth, bei denen sie besonders zahlreich sind, sich in gleichmässiger Entfernung von einander befinden und Aehnlichkeit mit den Canälchen des Zahncements haben.

Dr. A. Kölliker (vergl. Geweblehre p. 392) bemerkt, dass man da, wo die Enden der Zahncanälchen deutlich zu sehen sind, erkennt, dass sie in die innern Theile des Schmelzes und Cements eindringen. Meine microscopischen Untersuchungen der Gewebe der Zähne des *Ichthyosaurus compylodon* Carter werden von den erwähnten Beobachtungen hinsichtlich der Bildung des Cements, des Osteodentins und Dentins bestätigt, so weit man aus Beobachtungen an den Geweben fossiler Zähne nur urtheilen kann. Was aber die Structur des Schmelzes an diesen Zähnen und die Bildung der Schicht *d'*, welche den Schmelz umgiebt, betrifft, so muss ich die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass bei $^{900}/_{1}$-maliger Vergrösserung ihr Schmelz eine Structur zeigt, welche Taf. 4, Fig. 10 abgebildet ist, wo, obgleich man einen gewissen stufenweisen Uebergang des Schmelzes in hartes Dentin mit Feinerwerden der Zahncanälchen *tu* bis zur Feinheit der *tubae calciferae tc* sieht, man dennoch dabei in diesem Schmelze eine Structureigenthümlichkeit wahrnimmt, nämlich, dass die Canälchen *tu*, ehe sie in den Schmelz eindringen, sich entweder mit ihren Verzweigungen unter einander kreuzen, Bündelchen bilden, oder, so zu sagen, durch Reihen von Globularräumen gehend, mit denselben in Connex treten. Diese Globularräume sind sogar bei einer nur $^{600}/_{1}$-fachen Vergrösserung deutlich als dunkle Puncte *l'k'* auf den hellen Grenzstreifen Taf. 3, Fig. 4 zu sehen, worauf die strahlenförmigen Röhrchen *td*, concentrische, kreisförmige Streifen bildend, sich verbreiten, wie dieses Taf. 4, Fig. 10 bei $^{900}/_{1}$-facher Vergrösserung zu sehen ist. Die Zahncanälchen in ihren kaum sichtbaren Verzweigungen *td* werden aber, wie man annehmen kann, um das Zehnfache feiner. Da aber die Dentincanälchen *tu* durchschnittlich einen Durchmesser von nicht mehr als 0,0004‴ haben, ihre Zwischenräume aber 0,0002‴ breit sind, so wird der Diameter der verjüngten Enden *td* 0,00004‴, ihre Zwischenräume aber nicht breiter als 0,00002‴ sein. An Längs- und Querschnitten sieht man, wie im Dentin, so auch im Schmelze mehr oder weniger dunkle, concentrische Streifen. Das sind die Grenzen der Schichtungsreihen, in deren Substanz sich sowohl Zellenreste, als auch ihre Canälchen erhalten haben. An diesen Schnitten sieht man ebenfalls die hellern Streifen zwischen dem Cement und Dentin, Dentin und Schmelz und Cement und Schmelz. In diesen Streifen eben bemerkt man stellenweise Canälchen. Pander sagt: diese Streifen sind die Zwischenräume der unmittelbaren Uebergänge der Gewebe oder Substanzen in einander. Auch die Globularräume, welche bei vielen Thieren angetroffen werden sieht man hier.

R. Baume (Diss. p. 23) sagt, dass bei den Wallrossen die Interglobularräume fast das ganze Dentin durchdringen, während sie bei dem grössten Theile der Säugethiere gewöhnlich nur als Anomalie vorkommen. Fast bei allen Mammiferen kommen die Interglobularräume in nicht bedeutender Anzahl an der Grenze zwischen dem Dentin und Schmelz, dem

Dentin und Cement vor. Dasselbe kann ich von den von mir untersuchten Zähnen der Enaliosaurier, des *Crocodilus niloticus* und *Physeter macrocephalus* (Pottwall) sagen.

In der Absicht, das wechselseitige Verhältniss der Gewebe klarer zu machen, habe ich einen Länges- und Querschnitt eines Zahnes des *Physeter macrocephalus* gemacht und auf Taf. 10, Fig. 4 und 5 bei $^{4,5}/_{1}$-maliger Vergrösserung seiner Contur und $^{95}/_{1}$-facher der Gewebe dargestellt. Fig. 3 zeigt den Längesschnitt dieses Zahnes bei halber ($^{1}/_{2}$) natürlicher Grösse der Contur.

An dieser Abbildung haben *a*, *b*, *c* und *d* dieselbe Bedeutung, wie früher.

Die Längsschnitte Fig. 3 und 4 sind vertical mitten durch den Zahn, aber transversal zur Längsachse des Kiefers, der Querschnitt Fig. 5 aber nach der Linie *mn* entnommen.

Aus diesen Beobachtungen ist ersichtlich, dass die Zahnwurzel oder der ernährende Theil des Zahnes aus Dentin, das von aussen mit einer ziemlich gleichmässigen Cementschicht bedeckt ist, besteht. Der Hals, oder der Theil, mit welchem der Zahn im Gaumen befestigt ist, besteht ebenfalls aus Dentin, in welchem Cement und Schmelz zusammenstossen, nicht aber einander decken. Die Krone, das äussere, thätige Kauwerkzeug des Zahns besteht aus Dentin, welches mit Schmelz überzogen ist. Am Schmelze sind keine Kennzeichen einer äussern ihn bedeckenden Cementschicht zu sehen. Zwischen Dentin und Cement, sowie zwischen Dentin und Schmelz bemerkt man einen besonders durchscheinenden Streifen mit matter Mitte *mb*. Das ist die Reihe der Globularräume, in welcher die Gewebesubstanz sclerosirt oder durch eine Kalkverbindung verkreidet ist, wobei die Zellenreste erhalten bleiben.

Die mehr durchsichtigen Stellen, in welchen wir die Fortsetzungen der Canälchen sehen, sind die Berührungslinien oder Grenzen der gegenseitigen Thätigkeit, d. h. des gegenseitigen Einflusses der Gewebe während ihres Functionsprocesses auf einander, doch ist dort noch keine Sclerosirung oder Verkreidung zu bemerken.

Auf Pl. 89 R. Owen Odontogr. ist ebenfalls der Bau der Gewebe bei einem Längsschnitte eines Pottfischzahnes und zwar auf Fig. 1 bei $^{230}/_{1}$-, an Fig. 2 bei $^{500}/_{1}$-maliger Vergrösserung, doch nur der Bau des Cements und des Dentins, dargestellt.

Alle diese Darstellungen sind sehr mit meinen Beobachtungen übereinstimmend; jedoch haben mich weder meine eigenen, noch R. Owen's Untersuchungen über die Bildung der Schicht *d'* und ihre Beziehung zum Schmelze aufgeklärt. Das bewog mich zu dem Entschlusse, die Gewebe des nach meiner Annahme jüngsten, auf Taf. 2, Fig. 4 dargestellten Zahnes zu untersuchen, obgleich ich nur ein einziges solches Exemplar besass und ich muss gestehn, dass ich für dieses Opfer vollständig entschädigt wurde, da ich durch diese Untersuchungen zu Resultaten gelangte, wie ich keine ähnlichen durch Untersuchungen eines fossilen Zahnes erwarten durfte. Diese Beobachtungen machten mir nämlich den Uebergang des Schmelzes in das schwache Cementgewebe in der Ausdehnung *cb*, welche am Zahnhalse die Scheidegrenze zwischen Schmelz und Cement bildet, klar. Dabei konnte ich an dem aus

diesem Zahne angefertigten Präparate noch weiter nach unten das Verhältniss des Dentingewebes *b* zum Gewebe des ossificirten Cements *d* der Zahnwurzel selbst verfolgen.

Tafel 5 und 15 veranschaulichen die microscopische Untersuchung der Gewebe des Zahns auf Taf. 2, Fig. 4, den ich für einen noch nicht vollständig ausgebildeten, noch in der Höhlung eines alten Zahns, unter dessen Schutze mit Hilfe seiner Pulpe (falls dieselbe überhaupt irgend einen Antheil daran nahm), also noch im Entwicklungsprocesse befindlichen Zahn halte.

Wir wissen, dass die Ersatzzähne der Ichthyosauren sich an der innern Seite der Wurzel der alten Zähne entwickelten. Dazu ist kein Grund anzunehmen, dass bei diesen Thieren die Ersatzzähne sich anders, als die ersten Zähne entwickelt hätten, weil wie bekannt, die Epithelzellen die Fähigkeit neue Epithelzellen und Zahnsäckchen zu bilden behalten.

Auf Taf. 15, Fig. 4 ist ein vollständiger Längsschnitt eines Zahnes des *Ichth. compylodon* transversal zur Längesachse des Kiefers bei $^{5}/_{1}$-facher Vergrösserung der Contur und $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung bei Untersuchung der Gewebe dargestellt. Aus dem Vergleiche des Längsschnitts des jungen Zahns mit eben solchen der alten Zähne, wie dieselben auf Taf. 3, Fig. *1 a*, *2 a* und *3 a* dargestellt sind, wird vollständig klar, dass die Zähne des Ichthyos. nach unten zu wuchsen, d. h. sich von der Spitze aus bildeten und sich abwärts nach der Tiefe der Alveolen verlängern mussten, bald nach Beendigung der Bildung des Dentins an der innern Seite desselben die Bildung des Cements begann und dass endlich, wenn die Zahnwurzel schon ihre entsprechende Länge erreicht hatte, in Folge der weitern Entwicklung von Bindegewebe auch die weitere Bildung des Dentins und Cements aufhören musste. Dabei schloss sich die untere Oeffnung der Wurzel bis auf ein kleines Foramen *fr* Taf. 3, Fig. *3 a* zum Eindringen der Blutgefässe und Nerven in die innere Zahnhöhle. So musste die Bildung der Zahnwurzel bei den Ichthyosauren enden und vielleicht fing darauf, möglicherweise aber auch, wie bei den Crocodilen, noch viel früher, die Entwicklung der Ersatzzähne an; auf jeden Fall aber unterhielt, während der neue Zahn durch seine Entwicklung den alten Zahn verdrängte, der Organismus die Ernährung des alten Zahns, so dass sich zwischen den beiden Zähnen — dem neuen und dem alten — so zu sagen ein Kampf um das Dasein entspann.

Auf Taf. 15, Fig. *4 A* ist ein Theil desselben Schnitts bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung, auf Fig. 4 *B* ein Theil des Querschnitts der Krone desselben Zahnes bei $^{10}/_{1}$-maliger Vergrösserung der Contur und bei $^{140}/_{1}$-maliger bei Untersuchung der Gewebe dargestellt.

Fig. 5 derselben Tafel zeigt bei denselben Vergrösserungen den Bau der Zahnkrone des Pottfisches beim Querschnitte. Diese letztere Abbildung zeigt, wie die auf Tafel 10, Fig. 3, 4 und 5, die Canälchen und die Risse *s* an der innern Seite des Schmelzes Taf. 15, Fig. 5, so wie auch die Schichtenbildung *mb* durch die Zellen *l'k'*, d. h. die Globularräume in oder dicht am Dentin.

Bei der Vergleichung der Structur der Zahngewebe des *Ichthyosaurus compylodon* mit der des Pottfisches muss man nothwendig eine bedeutende Aehnlichkeit dieser Zähne erken-

nen. Die Zähne des Ichthyosaurus sind also sowohl in der Art und Weise ihrer Befestigung im Gaumen, als auch im Bau ihrer Gewebe denen des Pottfisches ähnlich.

Taf. 5, Fig. 1 und 2 stellen die Theile eines Längenschnittes dar, wie Fig. 4 und 4 *A* auf Taf. 15, welche bei $^{900}/_{1}$-maliger Vergrösserung die Bildung des Schmelzgewebes *c* aus dem Gewebe des schwachen Cements *d'* veranschaulichen. Die Dentincanälchen *tu*, welche bei vollendeter Bildung einen Durchmesser von nicht mehr als 0,0004‴ haben, sind, wie ersichtlich, aus Reihen verlängerter primärer Zellen *t'u'*, die in Canälchen und Kalkröhrchen übergehn, entstanden, auch ihre Wände und ihr kalkiger Inhalt zu sehen.

Ihre Bildung begann von der innern Zahnhöhle *a*, erstreckte sich zur Peripherie, indem sie sich aus Zellen zusammensetzten, die sich zu Fäden umbildeten und zu wellenförmigen Verlängerungen der Zahnfäserchen auszogen. So viel man vermuthen kann, setzte der Zelleninhalt keine Kalksalze ab, wurden vielmehr die Zellen selbst von einer starren Grundsubstanz umgeben, daher kann man annehmen, dass der Verknöcherungsprocess auch in diesen Zähnen in der That durch Verbreitung der Kalksalze von der Pulpa vor sich ging und dass die Verknöcherung des Dentins damit begann, dass sich in der proteinhaltigen Flüssigkeit aufgelöster Kalk in Form von Globularmassen niederschlug, dabei Interglobularräume nachlassend, dass diese Räume bei dem weitern Festerwerden des Gewebes mit Kalksalzen angefüllt wurden und dass dann erst das Dentin sein homogenes Ansehn gewann. Auf solche Weise legte sich eine Schicht des Zahnbeins um die andere und die Globularmassen verschwanden, indem sie von den Niederschlägen der Kalksalze in die Globularräume ausgefüllt wurden.

Die Längenhöhlungen *t'u'*, in denen noch Spuren von Zellen deutlich zu sehen sind, haben durchschnittlich einen Durchmesser von 0,001‴, die Wandungen von 0,0003‴ Dicke.

Die Bildung der Dentincanälchen *tu* ging in der Zahnkrone früher vor sich, als im Zahnhalse, was mit der Annahme, die Bildung des Zahnes beginne von der Krone und erstrecke sich zur Wurzel hinab, übereinstimmt. Weiter sehen wir, dass die Höhlungen *t'u'* im Dentin sich regelmässiger ausbilden, obgleich sie mit einander communiciren, sich spalten und Querausläufer *z* abgeben, welche ein filzartiges Geflecht darstellen, wie wir Taf. 3, Fig. 8, 9 und 10 deutlich sehen können.

Die Höhlungen *t'u'* nehmen, indem sie sich der äussern Schicht *d'* nähern, mehr gewundene Richtungen an, deren Spuren wir an den Endverzweigungen der Canälchen *tu*, an den Röhrchen *tc* mit den Zellen *t'k'*, welche die Grenzstreifen der Schichtung bilden, die, wie bei Beschreibung der auf Taf. 4, Fig. 10 dargestellten Structur erklärt worden, aus den mit den Canälchen *tu* in Verbindung stehenden Globularräumen bestehn, erkennen. Endlich in der Schicht *d'* des schwachen Knorpelcements schlagen die Röhrchen *t'u'* eine zu ihrem frühern Verlaufe transversale Richtung ein. In der Schmelzmasse findet man ebenfalls eine, einigermassen wellige Schichtung, die aber in der von den Höhlungen *t'u'* angenommenen Richtung d. h. der Höhe der Zahnkrone parallel, gelagert ist. In dem Zahnhalse selbst dringen die Höhlungen *t'u'* in eine noch schwächere Cementmasse ein, in welcher die

Zellen ohne bestimmte Ordnung liegen und das Gewebe d''' der Schicht d' in die Bildung des gewöhnlichen Cements d Taf. 5, Fig. 4 überging. In letzterm finden wir die Haversschen Canälchen vn von 0,008″ im Durchmesser und Knochenkörperchen lk — von den rundlichen 0,001″ im Durchmesser, bis zu den länglichen 0,004‴ langen und 0,001‴ breiten.

An derselben Abbildung Fig. 4 ist die Uebergangsschicht bd vom Dentin in das Cement deutlich zu unterscheiden.

In der Schmelzschicht werden bei dem Umbiegen der Höhlungen $t'u'$ nach der Höhe der Krone zu die Wandungen derselben in Folge dieses Umbiegens dicker und erscheinen als concentrische, fest aneinander liegende Streifen td. Tafel 5, Fig. 4 zeigt, wie wir beobachtet haben, das Verschwinden der Odonoblasten und die Entstehung von Osteoblasten an ihrer Stelle.

Die dunkeln Stellen von unbestimmter Structur Taf. 5, Fig. 1, 2, 3 und Taf. 15, Fig. 4 A erscheinen als Stellen schwacher Masse mit schon zerfallenen Zellen, in welcher aber der Process der Schmelzbildung noch nicht zu Stande gekommen ist, wie in der Masse d''' Taf. 5, Fig. 1 und 2 die Verknöcherung des Cements noch nicht vollendet ist. Man muss annehmen, dass die Kalksalze sich zwischen den Zellen niederschlugen, also auch die Schmelzzellen nicht selbst verkreideten, sondern beim Verkreidungsprocesse verschwanden.

Auf Taf. 5, Fig. 3 ist an einem Querschnitte einer Zahnkrone sowohl der Bau der Längsrippen des Schmelzes im Querschnitte, als auch, dass diese Rippen auf der Kronenspitze durch 0,006‴ breite Längesfurchen s von einander getrennt sind und letztere mit Schmelz angefüllt wurden unabhängig von den durch sie getrennten Schmelzrippen, weil zwischen diesen Ablagerungen kleine, nicht mehr als 0,0006‴ breite Risse s' zu sehen sind; unterhalb der Furche s aber geht ein 0,001‴ breiter Ausläufer in die Dentinmasse.

Wenn man bedenkt, dass der Querschnitt Fig. 3 nahe der Kronenspitze gemacht worden ist und dass die Festigkeit des Gewebes der Schmelzschicht in den Rippen eine bei weitem grössere ist, als sie an den Längsschnitten Fig. 1 und 2, welche die Structur des Schmelzgewebes in einiger Entfernung von der Kronenspitze darstellen, erscheint und eine festere, als die des Schmelzes c in der Mitte des Risses s, so muss man anerkennen, dass die Schmelzschicht des Zahnes sich zuerst als einzelne, mehr oder weniger breite Rippen bildete, welche oben anfingen und sich allmählig nach unten erstreckten und dass in dem Risse s die Schmelztheile c später und ebenfalls allmählig gebildet haben. Die Reihenfolge einer solchen Bildung der Schmelzschicht kennzeichnet sich an vollständig ausgebildeten Zähnen dadurch, dass auf der ganzen Höhe der Krone im Schmelze äusserst feine Risse bemerkt werden, welche in ihm von der Zahnspitze bis zu der den Schmelz am Zahnhalse von dem Cement abgrenzenden Linie gehen. Aus dem allen kann man den Schluss ziehen, dass die Ichthyosauren auch hinsichtlich der Reihenfolge der Bildung der Zähne keine Ausnahme machten, dass an ihren Zähnen wie an allen Zähnen anderer Wirbelthiere die Bildung des Zahnes von der Kronenspitze begann und bis zur vollständigen Ausbildung der

Wurzel in Folge der Verbindung der kernhaltige Zellen producirenden Substanz oder des Blastems mit Kalksalzen und Sclerosirung derselben vor sich ging.

Taf. 5 zeigt deutlich, dass die Verknöcherung der Zähne sich allmählig in der weichen Blastemmasse verbreitete und dass bei dem weitern Wachsthume des Zahnes seine fester gewordene Wurzel tiefer hinabstieg, die Wandungen selbst aber von der Spitze aus dicker wurden, dabei die Dentincanälchen entstanden und sich die Schmelzschicht bildete. Ihrer vollkommenen Uebereinstimmung wegen mit meiner Erklärung der Entwicklung der Zähne bei dem *Ichthyosaurus oompylodon* Carter bemerkenswerth ist die Erklärung der Bildung der Zähne bei dem Wallrosse, *Trichechus*, von R Baume (auf p. 29 und 30 seiner Dissert.):

«Sehr interessant ist die Entwicklung des Wallrosszahnes. Zunächst beginnt die Entwick-«lung des Zahnbeins mit Anlage der Rindenschicht. Es wird wie beim Zahnbein der meisten «andern Säuger, Schicht um Schicht producirt, bis sie die ihr zukommende Dicke erreicht «hat. In der innern Zahnbeinpartie (im Korn) entspricht der Bildungsmodus ganz der spä-«tern Structur. Wir sehen demnach von den bereits fertig gebildeten Theilen, also von der «Spitze des Zahnes zunächst lange Säulen von den verschiedensten Stellen auswachsen. Die «Säulen haben durchschnittlich einen Dickendurchmesser von 1—2 Mm. und eine Länge «von 5—8 Centimeter. Diese feinen zierlichen Gebilde, welche anfangs isolirt dastehn und «weit in die Zahnhöhle hineinragen, haben fast ein tropfsteinähnliches Aussehn, wenn man «sie von dem offenen Wurzelende aus betrachtet. Später wachsen neue Säulen in die Zwi-«schenräume zwischen die bestehenden, bis sie ganz dicht stehen. Zum Schlusse sorgen die «Ueberreste der Pulpa für die Ausfüllung der noch vorhandenen Interstitien durch jene «Zahnbeinschaltmasse, deren wir schon gedacht haben».

Zum Schlusse meiner die Zähne des Ichthyosaurus betreffenden Untersuchungen bemerke ich im Allgemeinen: 1) dass bei den Ichthyosauren die Zähne in einer ununterbrochenen, mehr oder weniger dichten Reihe in einer longitudinalen Rinne der Kieferknochen geordnet sind und man in letzterer die Theilung in einzelne Alveolen gegenüber den Zwischenräumen der Zähne bemerkt die Zähne verwuchsen nicht mit dem Kieferknochen, sondern sassen in der Gaumenmasse.

2) Die Oberkieferzähne passen in die Zwischenräume der Unterkieferzähne.

3) Die Zahnreihen beider Kiefer haben grosse Vorräthe von Keimen junger Zähne.

4) Der Process des Zahnwechsels war derselbe, wie bei den Crocodilen.

5) Die Zähne sind denen des Crocodils sehr ähnlich, waren aber zahlreicher als bei diesem.

6) Der äussern Gestalt nach bestand der Zahn aus Wurzel, Hals und Krone.

7) Die innere Structur zeigt eine innere Pulphöhle, welche eine der äussern Gestalt des Zahnes entsprechende Form hat, die etwas über das Niveau des Zahnhalses in die Krone hineinreicht. Das Dentin ist fest und bildet den Haupttheil des Zahnkörpers. An der Krone ist er mit Schmelz bedeckt, am Halse und an der Wurzel aber mit Cement, ausserdem wird der Schmelz der Krone von einer zarten Cementlage überzogen.

8) Die äussere Oberfläche des Zahnes ist an der Krone der Länge nach gerippt, an der Wurzel aber ist sie mit gröbern Longitudinalfalten bedeckt.

9) Die Rippen werden an der Krone vom Schmelze, an der Wurzel vom Dentin und Cement geildet und

10) Die unbeschädigte Zahnwurzel ist unten geschlossen und zeigt keine Merkmale einer Spaltung, sondern endet abgerundet.

Wenn wir ferner die Structur vollständig ausgewachsener Zähne mit der Structur eines jungen Zahnes des *Ichth. compylodon* vergleichen, so erkennen wir:

A. An vollständig entwickelten Zähnen:

Die innere Höhlung des Zahnes hat in der Wurzel unregelmässige Vertiefungen, was auch die Gleichförmigkeit der Dentinschicht stört. Die Dentincanälchen aber behalten ihre normale Lage zur Längsrichtung des Dentinstreifens. Nach der Ausbildung einer genügenden Menge des Dentins, bleiben in der Zahnhöhlung noch Reste weichen Knorpelgewebes nach, welches eine Veränderung erfährt, indem es in volle Verknöcherung der Netzfasern des Osteodentins übergeht, welches selbst in vollständig ausgewachsenen Zähnen einen beträchtlichen Theil der innern Zahnhöhle einnehmen kann. Im Osteodentin kann der Durchmesser der Medullarcanäle zu $0{,}023'''$ angenommen werden, d. h. fast doppelt so gross, als der Durchmesser der Medullarcanäle im gewöhnlichen Cement, wo er durchschnittlich $0{,}012'''$ beträgt. Das Cement am Zahnhalse deckt das Dentin schon mit einer dickern Schicht, als der Schmelz an der Zahnkrone und das Cement erhält dabei eine gröbere Structur. Die Dicke desselben nimmt zur Basis der Zahnwurzel, die er allein bildet, immer mehr zu. Beim Dickerwerden der Cementschicht an der Wurzel werden die für dasselbe charakteristischen Knochenkörperchen deutlich sichtbar. Das Cement dringt an der Wurzel in jede Falte des Dentins in Gestalt einer einfachen, graden, verticalen Falte und durchdringt bisweilen die ganze Dentinschicht. Das Cement stellt ein dem gewöhnlichen spongiösen Knochen-Gewebe mit Knochenkörperchen sehr ähnliches Gewebe dar. Die Masse des Cements wird von Medullarcanälchen und Nutritivgefässen durchsetzt. Nach dem untern Theil der Wurzel zu nimmt das Cement an Dicke zu, wird aber undichter. Beim Uebergange des Cements in das Dentin enthält das Cement viele Dentincanälchen, im Dentin aber werden viele Knochenkörperchen bemerkt. Die Dentincanälchen im Cement sind bald einander dicht genähert, bald gesondert, mit Verzweigungen, die vielfach sowohl mit den Endigungen ähnlicher Canälchen, als auch mit den Ausläufern der Knochenzellen anastomosiren. Das Dentin hat eine feste, geschichtete Structur, besteht aus primitiver Substanz und Dentincanälchen, welche ihre eignen Wandungen haben. Die Dentincanälchen liegen dicht an einander, eine andere, sie verbindende Zwischensubstanz ist nicht zu erkennen. Die Dentincanälchen haben bei der von mir untersuchten Ichthyosaurus-Species einen Durchmesser von $0{,}0004'''$, ihre Zwischenräume einen von $0{,}0002'''$. Die Canälchen verbreiten sich von der innern Zahnhöhlung

strahlenförmig und bilden unregelmässige Bogen, welche von der innern Höhlung zur Oberfläche gehen, mit der Concavität ihres Bogens zur Zahnbasis, wobei sie eine Fortsetzung im Schmelze haben, welche aus graden, normal zur Oberfläche des Zahnes liegenden Theilen besteht.

Die Canälchen durchlaufen mehr oder weniger wellenförmig die ganze Dicke des Dentins bis zum Schmelze. Dabei spalten sie sich gabelförmig, geben Verzweigungen ab und anastomisiren mit einander, einige aber dringen in das Innere des Schmelzes und ihre letzten Endigungen, die *tubi calciferi*, werden weniger regelmässig, kreuzen sich und communiciren mit ihren Enden direct, oder mit Hilfe kleiner Zellen unter einander.

Der **Schmelz** der Zähne dieser Ichthyosauren ist eine helle feste Substanz, welche durch sehr unregelmässige Länges- und Querrisse in einzelne Theile zerlegt wird und undeutliche Spuren einer wellenförmigen Structur, deren Strahlen oder Fasern concentrische Bogen bilden, zeigen. Jedoch gehn derartige Fasern nicht ununterbrochen durch die ganze Schmelzschicht, sondern sind durch Streifen angedeutet. An den Übergängen des Dentins in den Schmelz bei der Verjüngung der Dentincanälchen bis zur Feinheit der *Tubi calciferi*, bemerkt man die sich anhäufenden Globularräume, hinter welchen sich dann die strahlenförmigen, bogenartige Streifen bildende Fasern verbreiten. Das die Oberfläche des Schmelzes bedeckende Cement erscheint als Häutchen von ungleicher Dicke; in den Vertiefungen zwischen den Schmelzrippen ist es, wie schon früher erwähnt wurde, dicker, an den Rippen selbst aber dünner. Eine deutliche Structur hat das Gewebe dieser Schicht nicht. Im Dentin bemerkt man feine, concentrische Streifen; dies sind die Abtheilungen der Schichtung, in denen man die Globularräume bemerkt.

An Längs- und Querschnitten der betrachteten Zähne machen sich auch mehr helle Streifen bemerkbar, nämlich zwischen dem Cement und Dentin, zwischen Cement und Schmelz und zwischen Schmelz und Dentin, wie das auch schon früher auseinandergesetzt wurde. Auf diesem Raume werden mehr Globularräume bemerkt. Die Streifen stellen die Übergänge der Gewebe in einander dar (vergl. oben).

B. An noch nicht vollständig ausgebildeten (jungen) Zähnen.

Bei jungen Zähnen besteht die Krone aus Dentinschichten, die mit der Schmelzschicht bedeckt sind, deren Rippen noch nicht vollständig ausgebildet sind. Die Verknöcherung der Zähne verbreitet sich allmählig im Blastem der Pulpa, bei der weitern Entwickelung des Zahnes aber senkte sich seine fester werdende Basis tiefer, die Wandungen wurden von der Spitze an dicker, zu gleicher Zeit enstanden die Dentincanälchen und bildete sich der Schmelz. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Bildung der Schmelzschicht von dem schwachen Cement ausging und zwar in Form von Rippen, die sich allmählich von oben herabsenkten, während die Furchen zwischen denselben später durch neu entstandene Schmelztheile ausgefüllt wurden. Die Dentincanälchen, welche bei vollständiger Ausbildung

einen Durchmesser von nicht mehr als 0,0004‴ haben, sind aus den longitudinalen Dentinhöhlungen entstanden, welche einen Durchmesser von 0,001‴, Wandungen von 0,0003‴ Dicke haben nnd deren Bildung von der innern Zahnhöhlung begann und zur Peripherie ging und in Aneinanderreihung, Ausdehnung und Theilung in der begonnenen Richtung bestand. Die Bildung der Dentincanälchen der Krone ging der im Zahnhalse voran. Die Knorpelkanälchen der Dentinschicht sind regelmässig gelagert, obgleich sie mit einander anastomosiren, sich gabelförmig spalten und transversale Ausläufer abgeben, welche ein filzartiges Geflecht darstellen. Der Peripherie des Zahnes sich nähernd, nehmen diese Höhlungen mehr gewundene Richtungen an, deren Spuren wir in den Verzweigungen der Dentincanälchen, den Kalkröhren und kleinen Zellen oder Globularräumen, welche die Abtheilungen der Schichtungsstreifen bilden, sehen. Die Schichtung des Schmelzes hat auch hier eine der Höhe des Zahnes entsprechende Richtung und durch dieselbe konnten seine Schichten wie gewöhnlich durch Salzniederschläge und Sclerosirung des Blastems an Festigkeit zunehmen, dabei Risse in der zu den Bogen der Schmelzschichtung normalen Richtung aufweisend, in Folge dessen die Schmelzschicht unter dem Microscope gestreift und aus strahligen, unter einander concentrischen Bogen bestehend erscheint. Das Festerwerden des Cementgewebes geschah ebenfalls allmählig, was daraus ersichtlich ist, dass in das Cement der Zahnwurzel viele Blutgefässe eindringen, die Cementmasse genügend mit Zellen producirendem Blastem versehen wurde und durch allmählige Metamorphose der Structur des Gewebes, das in ossificirtes Cement überging, dessen Structur auch im versteinerten Zustande deutlich durch Knochenzellen charakterisirt wird. Die Bildung des Cements und Dentins in den Zähnen der Ichthyosauren ging auch durch Ossificirung der Bindesubstanz, des Blastems, durch Verbindung desselben mit Kalksalzen und Sclerosirung hervor, wobei die Zellen zerstört wurden, diejenigen aber, welche dabei intact in das Bindegewebe geriethen, sich in Knochenkörperchen verwandelten und mit einander durch Canälchen in Verbindung blieben. Wenn aber die Vermehrung der Zellen in einer Reihenfolge fort bestand, so führte das zur Bildung eines solchen Knochengewebes, welches nur Dentincanälchen in mehr regelmässiger Richtung durchzogen, d. h. es entstand das Dentingewebe.

Kopfknochen des Ichthyosaurus compylodon Carter aus dem Sewerschen Osteolith.

Tafel 6. 7. 8. 9 und 9, a.

Bei allen Ichthyosaurus-Species wird die Schnauze hauptsächlich von den beiden Zwischenkieferknochen gebildet.

Diese **Knochen** sind mit Zähnen bewaffnet, welche in der ganzen Länge ihres vordern Theiles stehen; die Knochen selbst aber sind mit einander durch eine gerade, ebene und ziemlich breite Fläche verbunden, in der obern Hälfte aber divergiren sie und nehmen in dem hierdurch von ihnen gebildeten Winkel die Nasenbeine auf. An jeder Seite des obern

Theils dieser Zwischenkieferknochen sieht man nach unten schmale Knochen, an denen sich die Zahnreihe fortsetzt. Am obern Ende haben die Zwischenkieferknochen Ausschnitte für die Nasenlöcher.

Auf Taf. 6. Fig. 1 und 2 *A* und *B* sind in halber ($^1/_2$) natürlicher Grösse die Zwischenkieferknochen (*os intermaxillaire Cuvier*, *Premaxillary Owen*) der rechten Seite — der Kopf mit dem Maule uns zugewandt — dargestellt. *A* Ansicht der innern — *B* der äussern Seite und *C* Querschnitt am hintern Ende der Bruchstücke. Alle Abbildungen sind in natürlicher ($^1/_1$) Grösse, mit Ergänzung der innern Gaumenwand *al''*, was durch Puncte bezeichnet ist, dargestellt. Die Bezeichnungen: *a*, 22, *g*, *o* und *al''* bringen diese Schnitte mit den von R. Owen hergestellten Querschnitten des Kopfes des *Ichthyosaurus compylodon* (vergl. brit. foss. Rept. Ichthyos. Pl. 3 Fig. 1 und 2) in Übereinstimmung. Die Buchstaben *ss* bezeichnen den obern Rand dieser Zwischenkiefer-Knochen, ihrer gegenseitigen Anlehnung; die longitudinalen Canäle *oo* der inneren Seite und die Längsrinnen *gg* der äussern Seite dienten den Gefässen als Durchgang und waren unter einander durch Seitenzweige *g'g'* welche in schräger Richtung verliefen, verbunden. Die Längsrinne *g* reicht nicht bis zum vordern Ende des Zwischenkieferknochens sondern endigt an beiden Knochen zwischen dem 13 und 12-ten Zahne, weiter gehn nur die Zweige *g'g'*, welche die Fortsetzung der genanten longitudinalen Vertiefung bezeichnen. Das Bruchstück Fig. 1 hat 18″ Länge, ist am hintern Ende fast 3″ breit, man bemerkt an demselben 22 Zahnvertiefungen (*Alveolen*). Die Scheidewände (*Septa*) zwischen diesen Vertiefungen sind am hintern Ende schwach angedeutet und die Alveolen sind kaum zu unterscheiden. Nach der Breite dieser Zahnvertiefungen zu urtheilen waren die Zähne vom 10—17-ten die grössten. Auf Fig. 1 *A* ist am hintern Ende durch *a** die Berührungsfläche dieses Knochens mit dem Kieferbein bezeichnet, an dem, wie wir annehmen, sich 18 Zähne befunden haben, den Raum aber, den diese Zähne einnahmen, kann man als den vierten Theil des Raumes annehmen, den die 22 Zähne an den Zwischenkieferknochen einnehmen, d. h. $^{18}/_4 = 45''$. In Folge dessen wird die ganze Länge der Zahnreihe des Oberkiefers von 40 Zähnen 22,5″ sein. Da aber die Zahnreihe nur bis an den vordern Rand der Augenhöhle reicht und bei den Ichthyosauren nur als $^2/_3$ der ganzen Länge des Kopfes angenommen werden kann, sowird dieser in unserm Falle im Ganzen eine Länge von 33,75″ oder 2,8′ haben. Dies entspricht einer Länge des ganzen Thieres von 9,80′ und einer Höhe der ersten Schwanzwirbel von 2,8″ wenn man die Länge des Unterkiefers einem 12 fachen Durchmesser des ersten Schwanzwirbels gleich annimmt.

Das Bruchstück Fig. 2 ist 16″ lang, im Querschnitte am hintern Ende 2,5″ breit. An demselben sind ebenfalls 22 Alveolen sichtbar, von denen die grössten dem 10—17 Zahne entsprechen. Das Verhältniss der Dimensionen zu der Zahl der Zähne zeugt davon, dass diese Knochen einem Thiere von geringerer Grösse, als der Knochen Fig. 1 angehörte.

Das Fig. 3 *A*, *B* *D* in halber ($^1/_2$) natürlicher Grösse dargestellte Bruchstück eines linken Zwischenkieferknochens. *A* Ansicht der innern *B* der äussern Seite. *D* von oben im

Profil, wo am vordern Ende des Knochens eine unbedeutende Krümmung zu sehen ist, welche einigermassen den Berührungsstreifen der Zwischenkieferbeine beeinträchtigt. — Der Querschnitt *C* in natürlicher ($^1/_1$) Grösse, mit durch Punkte angegebner Ergänzung der innern Gaumenwand. Alle Buchstaben und Zeichen bedeuten dasselbe, wie an den beiden ersten Figuren. Die Längsrinne *g* endigt zwischen dem 17 und 18 Zahne und weiter gehn nur die Endigungen ihrer Zweige *g'*. Von bedeutender Grösse aber waren dem Anscheine nach die Zähne vom 13 — 17-ten.

Das Bruchstück Fig. 3 ist 16″ lang, am hintern Ende nur $2^1/_8$″ breit und obgleich an demselben 24 Alveolen zu sehen sind, so kann dem doch keine positive Bedeutung beigemessen werden 1., weil das Bruchstück aus mehreren zusammengesuchten Theilen besteht; 2., weil die 22 und 24 Alveole ihrer Undeutlichkeit wegen kaum als solche anerkannt werden können. Wenn wir die Länge dieses Bruchstücks bei seiner geringen Breite am hintern Ende mit der Zahl der Zähne, deren man nicht weniger, als 22 annehmen kann, vergleichen, so ist ersichtlich, dass dieser Knochen einem noch kleinern Thiere, als der Knochen Fig. 2 angehörte, worauf auch die geringe Tiefe der Alveolen, die kleinere Anzahl grösserer Zähne und die Unvollkommenheit der Rinne *g* hinweisen.—

Auf Taf. 9. Fig. 1. mit den Querschnitten 1—9 sehen wir, dass jeder Unterkieferast aus 6 Knochen besteht. Das Zusammensetzen dieser Knochen zu einem Kieferaste ist nach Mustern aus meiner Sammlung und nach der Gestalt dieser Knochen selbst hergestellt. Dabei wurden zu Rathe gezogen:

a.) Die Construction eines rechten Kieferastes nach *G.* Cuvier (Pl. 257. F. 15,16 oss. foss.)

b.) Die bekannte erste Restauration eines Ichthyosaurus-Schädels von de la Beche und Conybeare in ihrer Notice of the discovery of a new Fossil Animal forming a link between the Ichthyosaurus and Crocodile, together with general remarks and the Osteology of the Ichthyosaurus Vol. V Ser. 1. 1821. Art. XXX p. 559 — 595 Pl. 40. 41. 42 Transact. of the Geolog. Society, so wie Vol. 1 Ser. 2. 1824. Art IX p. 103 Pl. 15. 16. 17, Additional Notices on the fossil Genera Ichthyos. and Plesiosaur. by. the Rev. W. D. Conyb.).

c.) Die Herstellung eines Schädelskelets dargestellt von T. Hawkins (Pl. 2 Mem. of Ichth. and Plesios. Th. Hawkins) und

d.) Die Querschnitte des Kopfs des Ichthyos. compylodon und die Gestalt der Knochenstücke des Ober- und Unterkiefers derselben Thier-Species dargestellt von R. Owen (Pl. 3 Fig. 1 und 2. Pl. 4. Fig. 1 und 2 Hist. of brit. foss. Rept. Icht).

An der äussern Seite des Kiefers Fig. 1 sind von den 6 denselben bildenden Knochen nur 4 zu sehen: Vorn liegt das Zahnbein *u a t*, dasselbe erstreckt sich nach der ganzen Länge der Zahnreihe und bildet die äussere Seite des Unterkieferastes von der Spitze der Schnauze bis an den hintern Rand der Augenhöhle. An seiner äussern Seite ist eine tiefe Längsrinne zu sehen. Die Zahnbeine entsprechen den Zwischenkiefer-Beinen, mit denen sie parallel gehen, unterscheiden sich von denselben hautsächlich durch die Gestalt des Querschnitts. Hinter dem Zahnbeine sehen wir das Überwinkelbein *x d w*. welches eben

falls eine Längsrinne hat, die am hintern Ende in eine Öffnung (foramen) zum Durchgange der Blutgefässe endigt. Unter diesem Überwinkelbeine liegt das Winkelbein *v c.* Diese beiden letzten Knochen an der hintern Hälfte des Kiefers nehmen die ganze Oberfläche der äussern Seite des Kieferastes ein. Endlich das Gelenkbein *y*, welches ganz hinten das obere Gelenkköpfchen bildet. Dieser Knochen reicht bis an die innere Seite des Überwinkelbeins herab. In meiner Sammlung fehlt dieser Knochen und ist deshalb, ebenso wie die Schädelknochen, die in meiner Sammlung ebenfalls nicht vorhanden sind, nur durch Conturen dargestellt. Von der innere Seite sieht man: das innere Gaumenbein *b u*, welches den untern Rand und fast auf derselben Strecke die innere Seite des Unterkieferastes bildet, indem es durch seine vordere Zuspitzung in den Symphysen-Winkel dringt, an seinem hintern Ende aber wird der Supplementknochen *z c. x*, sichtbar, von dem ich nur unbedeutende Bruchstücke in meiner Sammlung habe.

Auf Taf. 7 Fig. 1 *A* und *B* ist in halber (1/2) natürlicher Grösse das vordere Ende des linken Zahnbeinastes *u a t* (*Dentaires Cuv.*, *dentary* Owen) dargestellt. *A* Ansicht der innern, *B* der äussern Seite. Der Querschnitt *C*, ist vom hintern Ende dieses Bruchstücks in natürlicher Grösse entnommen, *a* bezeichnet das vordere, *t* das hintere Ende desselben. Dieses Knochenstück ist 16″ lang, am hintern Ende 2 1/8″ breit, zeigt 21 Alveolen von denen alle von der 8-ten an, Zähnen von bedeutender Grösse entsprechen. Die äussere Rinne *g′* geht ununterbrochen bis zum 17-ten Zahne, weiter sind nur die Oeffnungen für die Gefässverzweigungen sichtbar, die sowohl in der Rinne *g′*, als auch im Canale *o′* verliefen und deren Zweige schräg durch die ganze Dicke des Zahnbeins drangen, wie wir dies an den Zwischenkiefer-Knochen gesehen haben. Die innern Gaumenwande *al** sind abgebrochen. Ein Theil einer solchen Wand ist auf Taf. 6 Fig. 4 dargestellt. Die Fortsetzung dieses Bruchstücks sehen wir in dem durch Fig. 4 dargestellten Stücke eines gleichen Knochens. *A* Ansicht der innern-, *B* der äussern Seite.

Dieses letztere Bruchstück darf man jedoch nicht für eine unmittelbare Fortetzung des hintern Endes des Bruchstücks Fig. 1 ansehn, dafür spricht der in ihm nicht vollständig offene Canal *o′*, der im Querschnitte Fig. 1. *c.* noch ganz von Wandungen umgeben erscheint. Wenn wir aber am Bruchstücke eine Lücke von 3 Zähnen annehmen und die Nummerirung der Zähne am Stücke Fig. 4 vom 24 fortsetzen, so finden wir, dass wir an einem vollständigen Kieferknochen bis 27 Zähne und seine ganze Länge auf 38″ mit Sicherheit annehmen können. Wenn wir hierzu noch 3/4 dieser Zahl hinzurechnen erhalten wir die Länge des ganzen Kiefers gleich ungefähr 48″ oder 4′. Dabei konnte die Symphyse 1,60′ lang sein, d. h. 0,40 der ganzen Unterkiefer-Länge. Diese Grösse durch 12 dividirend erhalten wir die Höhe des ersten Schwanzwirbels = 4″ und diese mit 60 multiplicirt die Länge des ganzen Körpers = 2 Faden — 6′.

Bei Beschreibung der Wirbel aber werden wir sehen, dass diese Thiere eine viel bedeutendere Grösse erreichten, worauf auch Taf. 7 Fig. 2 *B* und *D*, ein in halber (1/2) natürlicher Grösse dargestelltes Bruchstück des hintern Endes desselben Knochens hinweist. *B* Ansicht

der äussern Seite *D* von oben. Die Querschnitte 1 — 4 sind in natürlicher Grösse abgebildet. *a* bedeutet, wie früher, das vordere, *t* das hintere Ende des Bruchstücks.

Taf. 7 Fig 3. *A* und *B* ein Bruchstück des hintern Endes des rechten Unterkieferastes. *a* vorderes — *t* hinteres Ende. Die Abbildung ist in halber ($^1/_2$), der Querschnitt *c* des vordern Endes in ganzer ($^1/_1$) natürlicher Grösse, die Punkte der Querschnitte № 2.2 aber sind auf Fig. 3 und 4 durch die Buchstaben *A* und *B* angegeben. Dieser Schnitt entspricht dem, der zwischen № 2 und Fig. 2 fällt.

Das **Ueberwinkelbein** *x d w* (*Surangulaire Cuvier*, *premandibulary* Owen) Taf. 8 Fig. 1. *A* und *B* und Fig. 2 *A*. Beide Knochen sind in $^1/_2$ natürlicher Grösse dargestellt. Fig. 1 stellt einen Knochen des rechten-, Fig. 2 das Bruchstück eines Knochens des linken Unterkiefer-Astes dar, doch stammen diese beiden Knochen nicht aus Einem Schädel. Die Querschnitte № 1 — 5 gehören zu Fig. 1. sind an den angegebnen Stellen entnommen und in natürlicher Grösse dargestellt. Der Knochen Fig. 1 des rechten Astes ist fast 28″ oder 2,33′ lang. Das Überwinkelbein reichte kaum bis an die *Symphysis*, deren Länge im Verhältnisse zu ihm auf 1,60′ angenommen werden kann, so dass der ganze Unterkiefer 4′ lang gewesen sein muss. Daraus folgt, dass dieses Überwinkelbein des rechten Unterkieferastes seiner Grösse nach dem Zahnbeine des linken Astes entspricht, welches auf Taf. 7 Fig. 1 *A* und *B* abgebildet ist.

Das **Winkelbein** *v c* (*angulaire*) Taf. 8 Fig. 3. 4 und *A*. Beide Bruchstücke des Winkelbeins gehören linken Unterkieferästen an, was an der Krümmung der Knochen und an der Lage der Rinnen *f* und *f′* zu erkennen ist. Die Abbildungen 3 und 4 geben eine Ansicht von den äussern Seiten, Fig. 4 *A* die von oben. Die Querschnitte 6 — 12 gehören zu Fig. 4 *A*, der Schnitt № 13 zu Fig. 3,4 und 4 *A*, der Schnitt № 14 aber zu Fig. 3. Die Puncte, an welchen die genannten Querschnitte entnommen, sind an den Abbildungen dieser Knochen mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Die **Knochen** sind in halber ($^1/_2$), die Querschnitte in ganzer ($^1/_1$) natürlicher Grösse dargestellt, dabei etwas ergänzt.

Das innere **Gaumenbein** *c t b u* (*operculaire*, *splenialbones* Owen) Taf. 8 Fig. 5 *A*. *B* und *C*. Die Abbildung *A* giebt dieses Knochenbruchstück von der an die andern Kieferbeine anliegenden Seite in $^1/_2$ natürlicher Grösse, *B* den Querschnitt am hintern *C* am vordern Ende des Bruchstücks. Die Querschnitte sind in natürlicher Grösse abgebildet. Auf Taf. 9-a Fig. 1 stellt die untere (d. h. liegende) Seite eines Stücks des Sewerschen Osteoliths, Fig. 2. 3.4 stellen Querschnitte desselben an den auf Fig. 1 angegebnen Stellen in $^1/_2$ natürlicher Grösse, Fig. 5 den Klumpen von der Seite und zwar seines breiten Endes dar.

Alle diese Abbildungen zeigen, dass dieses Stück hauptsächlich aus Kopfknochen des Ichthyosaurus Compylodon besteht, ja es wird selbst möglich einige Beziehungen dieser Knochen zu einander zu erkennen, weil man an den Querschnitten des Steinklumpens deutlich folgende Knochen unterscheidet: die Nasen- und beide Kieferknochen, von denen jedoch die Unterkieferknochen bedeutend zerstört sind.

Auf dem Querschnitte Taf. 9 *a*, Fig. 2 sieht man: die Zwischenkieferbeine (*Premaxillary* Owen) welche mit *b 22* und *a* bezeichnet sind, mit den Gaumenwänden *al''* (vergl. Taf. 9, Fig. 1, Taf. 6, Fig. 1, 2, 3 mit den zu ihnen gehörenden Querschnitten) und die Nasenknochen *cc* (Taf. 9, Fig. 1). Unterhalb der linken Seite des Oberkiefers sieht man das Bruchstück eines Zahnbeins *32 (uat)* des Unterkiefers; über demselben, wie man annehmen muss, das Bruchstück eines Ueberwinkelbeins (*Premandibulary* Owen) *x d w*. An der rechten Seite dieser Knochen oberhalb derselben liegt das Zahnbein *32*, (*uat*) eines rechten Unterkieferastes, unterhalb desselben 2 innere Gaumenbeine (*splenial bones* Owen) *it bu*, (*31*) desselben Unterkiefers (vergl. Taf. 9, Fig. 1 und Taf. 7, Fig. 1, 2, 3, 4. Taf. 8, Fig. 1, 2 und Fig. 5 mit den zu ihnen gehörenden Querschnitten.

Auf dem Querschnitte Taf. 9 *a*, Fig. 3 sieht man dieselben Knochen, die aber schon eine der Entfernung von dem Ende der Schnauze entsprechende Form angenommen haben. Auf der rechten Seite des Schnitts sieht man hier neueuerdings auftretend ein Winkelbein *vc* und ein Ueberwinkelbein *xdw* des linken Unterkieferastes (vergl. Taf. 9, Fig. 1 und Taf. 8, Fig. 3 und 4, mit den zu ihnen gehörenden Querschnitten) und noch einen kleinen, weil nicht zu bestimmenden mit *?* bezeichneten Knochen.

Man kann nicht umhin zu bemerken, dass die Form der Nasenbeine *cc* (wenn anders ich mich in ihrer Bestimmung nicht irre, die in diesem Falle nur auf die Lage dieser Knochen in Bezug auf die anderen Knochen der Querschnitte Fig. 2 und 3 sich gründet) sich sehr von derjenigen, welche man bis jetzt diesen Knochen des Ichthyosaurus zuschrieb, unterscheidet, was bei Betrachtung des Querschnittes Taf. 9 *a*, Fig. 4 noch augenfälliger wird.

Nimmt man aber die Form der Nasenbeine *c c* als eine solche an, wie sie auf den Abbildungen Taf. 9 *a*, Fig. 2, 3, 4 dargestellt ist, so wird ersichtlich, wie die Querschnitte des Oberkiefers in der Schnauze des *Ichthyosaurus compylodon* Taf. 9, Fig. 1, N. 5, 6, 7 ergänzt werden könnten. Da ich aber keine gut erhaltenen Exemplare der Nasenbeine besitze, so entschliesse ich mich nicht hierzu, spätern Forschungen die Entscheidung der Frage über die Richtigkeit dieser Folgerung überlassend.

Auf dem Querschnitte Taf, 9 *a*, Fig. 4 sieht man Schnitte der oben erwähnten Knochen, aber in einer Form, die ihrer noch weitern Entfernung von der Schnauze entspricht. Als Zeichen für die Knochen, die nicht bestimmt sind dienen *??* — Mit Lit. *z* sind die Schnitte zweier Zähne bezeichnet. Kleine Bruchstücke von Zähnen sieht man bei genauer Betrachtung an vielen Stellen des betrachteten Klumpens.

Die Abbildung des breiten Endes des Klumpens (Taf. 9 *a*, Fig. 5) zeigt eine Erweiterung der innern Nasenhöhle *ò* bei ihrem Uebergange in die Stirnhöhle *o*. Deswegen kann man annehmen, dass der Querschnitt Fig. 4, wenn er nicht durch die Nasenlöcher *d* (Taf. 9 Fig. 1) geht, so doch ihnen sehr nahe vorbeigeht, also fast dem Querschnitte der Schnauze des Ichthyosaurus auf Taf. 9 N. 5 zu Fig. 1 entspricht.

Man muss unbestreitbar annehmen, dass alle Knochen in dem untersuchten Klumpen

dem Kopfe Eines Thieres angehörten und dass, nach den Maassverhältnissen zu urtheilen, dieser ein kleiner, zur Species *Ichthyosaurus Compyl.* gehörender eines noch jungen Thieres war.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Verknöcherung der Kieferknochen bei den Ichthyosauren noch im Jugendalter erfolgen musste, weil das bei ihrer Gefrässigkeit und ihrem räuberischen Charakter, eine nothwendige Bedingung ihrer Existenz war; folglich musste sich uns, welchen Knochen des Ober- oder Unterkiefers des untersuchten Exemplars wir auch der microscopischen Untersuchung unterzogen, das Gewebe desselben in wenn auch schwacher, so doch schon merklicher Verknöcherung zeigen. Und die Untersuchungen in dieser Beziehung bestätigten in der That diese unsere Annahme. Die Abbildungen auf Taf. 9 *a*, Fig. 6, 7, 8 zeigen die Structur des Knochengewebes in der Längen- und Querrichtung und zwar auf den beiden ersten d. h. Fig. 6 und 7 bei einer $^{95}/_{1}$-, auf Fig. 8 aber aus dem Querschnitte der Fig. 7 bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Vergleichen wir die Structur dieses Knochens mit der des Knochengewebes eines Kieferknochens auch eines, nur grössern, folglich auch ältern *Ichthyosaurus compylodon* auf Taf. 10, Fig. *1 A*, *2 A* und *2 B* bei denselben Vergrösserungen, so erkennen wir, dass die Knochengewebe des betrachteteten Exemplars viel schwächer verknöchert sind und sich sogar der Stufe der Verknöcherung der Gewebe in den Rippen, die keine vollständige ist, annähern (vergl. Taf. 13, Fig. 3 *B*). Da aber die Verknöcherung der Kieferknochen bei den Ichthyosauren, die eine der ersten im ganzen Skelete war, der Verknöcherung seiner Rippen, welche eine der letzten im ganzen Skelete war, lange voranging, so musste das Thier, dem der untersuchte Kopf gehört hatte, um so viel jünger gewesen sein, als das Thier, dem die erwähnte Rippe und als jenes, dem der Kieferknochen auf Taf. 10, Fig. *1 A*, *2 A* und *2 B* gehört hatte.

Taf. 7, Fig. 5 *A*, *B*, *C*, *D* und *E* stellt ein Horn des Zungenbeins (*corne de l'os hyoide* Cuvier, *Epihyal* Owen), *A* die Ansicht der äussern untern Seite, *B* im Profil, beide bei $^{1}/_{2}$ natürlicher Grösse dar; die Querschnitte sind an den Puncten, welche an *A* und *B* bezeichnet sind, entnommen, in natürlicher Grösse unter den Lit. *C* und *D* dargestellt. Die Abbildungen *D* und *C* stellen bei $^{10}/_{1}$-facher Vergrösserung die Structur des Knochengewebes in Quer- und Längesrichtung dar.

Das Zungenbein (*os hyoide*, *s. styloide*) liegt in der hintern Hälfte der Kopfhöhle unterhalb der flügelförmigen Knochen. Bei den Ichthyosauren war er dem Anscheine nach von weniger zusammengesetztem Baue, als bei den jetzt lebenden Eidechsen. Cuvier erwähnte der bogenförmigen Gestalt des Zungenbeins und erklärte, dass die Hörner desselben von ansehnlicher Grösse und prismatischer Form seien und dass zwischen ihnen nach vorn ein flacher mehr breiter, als langer Knochen, mit einem hintern Ausschnitte liege und hielt diesen Theil für den Körper des Zungenbeins. Er bemerkte noch, dass die Hörner dieses Knochens in bedeutenderm Grade, als irgend welche Knochen verknöchert sind.

T. Hawkins versteht, wie es scheint unter Zungenbein einen Knochen der schmale

Aeste mit gekrümmter Basis, mittels der sie sich mit dem mittlern Körper des Knochens vereinigen, hat. Eine so aufgefasste Form des Zungenbeins stellte er wahrscheinlich nach dem Knochen *z* her, der hinter den Unterkieferästen des *Ichthyosaurus chirostrongulostinus* Hawkins Pl. 14 seiner Mem. of the Ichth. dargestellt ist.

Dr. Theodori stellt uns auch ein Zungenbeinhorn des *Ichthyosaurus trigonodon* vor, welches dem unsrigen noch ähnlicher ist.

R. Owen nimmt, wie Cuvier, an, dass das Zungenbein des Ichshyosaurus von ziemlich bedeutender Grösse war. An seinem *Ichthyos. lonchiodon* findet er, dass die Länge jedes Horns dieses Knochens den fünften Theil der Länge des ganzen Kiefers beträgt. Ausserdem nimmt R. Owen an, dass der Haupttheil des Zungenbeins mit den andern kleinern Theilen durch Muskeln verbunden war, was, wie es scheint, Cuvier's Vorstellungen nicht widerspricht. Die Länge des in unserer Sammlung vorhandenen Hornes des Zungenbeins, an welchem die von Dr. Theodori dargestellten Theile *a*, *b*, *c* und *d* abgebrochen sind, ist über 7″. Darnach konnte der Unterkiefer, zu welchem dieses Horn gehörte, 36″ lang sein, was einer Höhe des ersten Schwanzwirbels dieser Thier-Species von 3″ entspricht. Was aber die von Cuvier erwähnte besondere Dichtigkeit der Ossificirung betrifft, so ist, wie ich annehme, an dem Gewebe des von mir beschriebenen, auf Taf. 7, Fig. 5 *D* im Quer- und *E* im Längenschnitte bei $^{10}/_{1}$-facher Vergrösserung dargestellten Knochens zu sehen, dass das Gewebe mehr spongiös und schwach, als fest und hart ist und mir scheint, dass das Missverständniss in diesem Falle nicht sowohl durch den Grad, als durch die Festigkeit der Verknöcherung entstanden ist.

Die Knochen des Rumpfes des Ichthyosaurus compylodon Carter aus dem Sewerschen Osteolith.

Tafel 6, Fig. 5 und Tafel 11.

Taf. 6, Fig. 5 *A*, *B* und *C* stellt die Brustplatte (*os coracoideum*) und zwar *A* die äussere, *B* die innere Seite desselben dar.

Dieses Bruchstück ist so unbedeutend, dass es schwierig ist, daraus irgend welche Folgerungen herzuleiten und höchstens könnte man die Bemerkung wagen, dass die allgemeine Gestalt dieses Knochens den bei G. Cuvier Fig. 5 pl. 258 Oss. foss. dargestellten Knochen ähnlich sein musste. Die Abbildung *D* zeigt bei $^{10}/_{1}$-facher Vergrösserung das Gewebe dieses Knochens, welches, wie man sieht, von spongiösem Bau ist.

Die **Wirbel** (*vertebrae*) können bei den Ichthyosauren, wie bei allen andern Wirbelthieren, eingetheilt werden: a) Halswirbel (*vertebrae collis. cervicales*), b) Rückenwirbel (*v. dorsales*), c) Lendenwirbel (*v. lumbales*), d) Schwanzwirbel (*v. caudales*).

Die 2 ersten Halswirbel Atlas und Epistropheus haben, wie man bemerken kann, eine besondere Structur. In meiner Sammlung kommen sie nicht vor und ich bin der Mei-

nung, dass mir auch der 3. Wirbel fehlt, welcher ebenfalls durch eine weniger vertiefte Gelenkfläche etwas von dem allgemeinen Typus abweicht, dass mithin der erste Wirbel meiner Sammlung der 4. ist.

Der Atlas, der Epistropheus und der 3. Halswirbel an seiner vordern Seite haben flache Gelenkflächen, während wir an der hintern Seite des 3. und an beiden Seiten des 4. Halswirbels, wie wir sehen, eine bedeutende Vertiefung haben. R. Owen aber bemerkt, dass bisweilen die auf die beiden ersten Halswirbel folgenden auch flache Gelenkflächen haben und ohne dass die Zwischenwirbelräume bedeutend wären, fest an einander anliegen. Kein Wirbel der Ichthyosauren hat Querfortsätze, aber an einer gewissen Anzahl von Wirbelkörpern sieht man an jeder Seitenfläche je zwei Protuberanzen, von denen die den Dornfortsatzbogen nähern höher sind und eine geringe Concavität zeigen. An diese obern Protuberanzen lehnten sich die mit ihnen eine Gelenkverbindung eingehenden Rippenknorren. Die 2. Protuberanzen der Wirbelkörper liegen etwas niedriger, sind leicht concav und nehmen die Rippenköpfchen auf. Eine derartige Anordnung der Gelenk-Protuberanzen sieht man an den Wirbelkörpern des *Ichthyosaurus communis* vom 1. bis zum 17. oder 18. Wirbel und noch weiter.

Weiterhin entfernt sich die obere Protuberanz von dem Bogen des Dornfortsatzes und nähert sich allmählig der untern Protuberanz; doch fand G. Cuvier dieselbe noch am 34. Wirbel, obgleich bedeutend tiefer stehend.

Näher zum Becken, ja schon in der Gegend des 34. Wirbels, sind diese Protuberanzen, obwohl noch erkennbar, doch schon sehr klein und beide concav. Uebrigens hängen alle diese Formverschiedenheiten, wie es scheint, sowohl vom Alter des Individuums, als auch von der Eigenthümlichkeit der Species des Thieres ab. W. Conybeare fand an einem englischen Exemplare schon am 40. Wirbel nur eine derartige Protuberanz. Unterhalb des Beckens, zum Schwanze hin, nehmen die Bogen der Dornfortsätze rasch ab, die Dornfortsätze selbst werden in allen Dimensionen kleiner, ebenso ihre Gelenkflächen. Dabei bemerkt man, dass von dem grössten Wirbel, dem 45., an bis zum 85. die Höhe der Wirbel nicht so rasch abnimmt, wie das weiterhin vom 85. an bis zum Schwanzende der Fall ist, und dass die Schwanzwirbel an jeder Seite nur eine kleine, concave Protuberanz haben, welche bisweilen sich recht nahe zur Basis des Dornfortsatzbogens befindet. Diese Protuberanzen werden bis zum Ende des Schwanzes auch allmählig kleiner. Die letzten Schwanzwirbel können sehr klein und ihr Transversaldurchmesser mehr oder weniger erheblich verkürzt sein, und zwar um so mehr, wenn der Schwanz der Ichthyosauren mit einer Flosse versehn war. Wenn bei den Ichthyosauren in der That eine Schwanzflosse vorkam, so konnte dieselbe zwischen dem 75. und 85. Wirbel enden, der 75. Wirbel aber ist ungefähr der 30. Schwanzwirbel, an welchem R. Owen bei dem *Ichthyosaurus communis* Conybeare eine Verrenkung im Schwanze fand. Tafel 11 zeigt in 4 horizontalen Reihen die Formveränderung der Wirbelkörper einer Wirbelsäule von den Hals- bis zu den Schwanzwirbeln inclusive, an den 5 verticalen Reihen aber sieht man in halber ($^1/_2$) natürlicher Grösse, die,

nach unserer Meinung, vom Alter des Thieres abhängigen Formveränderungen der Hals-, Rücken-, Lenden- und Schwanzwirbel.

An allen diesen Abbildungen bedeuten: *a* Ansicht der vordern oder zum Kopfe gerichteten Gelenkflächen, *b* Ansicht von oben, *g* die Gelenkflächen zur Verbindung mit den Bogen der Dornfortsätze, *c* Längenschnitt eines Wirbelkörpers mit Darstellung der spongiösen Structur des Knochengewebes. *D* und *E* Ansicht der Wirbelkörper von der Seite zur Darstellung der Protuberanzen *r* und *n* zur Verbindung mit den Rippen, *s* Basis des Rückenmarkcanals, *p* die besonders an den vordern oder zum Kopfe gewandten Gelenkflächen bemerkbare Anschwellung, *y* den kielartigen Winkel des untern Randes des Halswirbelkörpers.

Auf Taf. 9, Fig. 14 ist in $^1/_2$ natürlicher Grösse der longitudinale Schnitt eines aus 2 Wirbeln bestehenden Theiles der Wirbelsäule zur Veranschaulichung der Art, wie die Wirbel wahrscheinlich an einander liegen, dargestellt.

In der Mitte der Wirbelkörper ist das bisweilen bemerkbare Foramen *o* angegeben. Es ist wahrscheinlich ein Kennzeichen des Eindringens der letzten Reste der *chorda dorsalis*.

Wie schon früher erwähnt nehme ich an, dass die Halswirbel meiner Sammlung *1*, *1 A*, *1 B* und *1 C* erst mit dem 4. Halswirbel beginnen. Dieselben charakterisiren sich durch eine breitere vertiefte Basis des Rückenmarkcanales *s* und grösste Annäherung der Protuberanzen *r* und *n* (welche zur Gelenkverbindung mit den Rippen dienen) zu den Flächen *g*, welche die Basis der Bogen der Dornfortsätze bilden. Die obern Protuberanzen *r* vereinigen sich fast mit den Basen *g*, die Protuberanzen *n* aber liegen, wenn nicht über, so doch auf dem horizontalen Durchmesser der Wirbelkörper selbst. Die Protuberanzen *r* und *n* sind ziemlich erhaben, ihr Abstand von einander geringer, als ihre Dicke, auf ihrem Gipfel bemerkt man eine mehr runde Vertiefung, während die Vertiefungen *g* der Basen der Dornfortsätze sich von einer rundlichen bis zur länglichen Form verändern nach der von dem Wirbel in der Wirbelsäule eingenommenen Stelle. An den Halswirbeln sind diese Vertiefungen mehr rund Fig. *1 b* und Fig. *1 C b*. Die Contour des Körpers der Halswirbel ist einigermaassen länglich und hat am untern Rande *y* den kielartigen Winkel.

Die 2. verticale Reihe, die Wirbel *2*, *2 A*, *2 B* und *2 C* sind obere Rückenwirbel oder Wirbel des Brustgürtels. Von diesen kommt der Wirbel *2 C* der Anordnung seiner Theile nach der Gestalt des Wirbels Fig. 1 *A* am nächsten und an diesen beiden Wirbeln kann man die Uebergangsform von den letzten Hals- zu den vordern Rükkenwirbeln sehen. Charakterisch für die obern Rückenwirbel ist aber, dass ihre Gelenk-Protuberanzen *r* und *n* von der Basis der Bogen der Dornfortsätze sowohl, als auch von einander bedeutend entfernter sind. Der quere oder horizontale Durchmesser des Wirbelkörpers liegt zwischen den beiden Protuberanzen *r* und *n*. Die Basis des Rückenmarkcanals wird schmäler, die Contour des Wirbelkörpers mehr rund und der kielartige Winkel des untern Randes verschwindet. Die Flächen *g* haben die Form einer erweiterten Schlinge Fig. 2 *A*.

Die 3. verticale Reihe — die Wirbel *3, 3 A* und *3 B* sind mittlere Rückenwirbel. Sie verbinden sich alle mit den Rippen, deren obere Enden gespalten (2-köpfig) sind. Die Gelenk-Protuberanzen *r* nnd *n* stehen dermassen tief, dass nur die obern derselben *r.r* am Horizonte des queren oder horizontalen Durchmessers des Wirbelkörpers liegen; dabei nähern sich beide Protuberanzen *r* und *n* einander.

Die **Form der Wirbelkörper** wird eine nach oben mehr comprimirte, die Basis des Rückenmarkcanals wird ebenfalls enger und die Flächen *g* verkleinern sich Fig. *3 A.*

Die 4. Vertical-Reihe — die Wirbel *4, 4 A, 4 B* und *4 C* sind dem *os sacrum* nahe stehende Rückenwirbel. Sie unterscheiden sich dadurch, dass ihre Gelenk-Protuberanzen *r* und *n* beträchtlich unter dem horizontalen Durchmesser des Wirbelkörpers und einander noch näher liegen. Nur der Wirbel Fig. 4 *C* bildet gewissermassen einen Uebergang zu den vorhergehenden Wirbeln.

Die Basis *s* des Rückenmarkcanals ist noch enger. Die Gelenkflächen *g* zeigen nach einer Seite eine vollkommene Verengerung. Die Contour *a* des Wirbelkörpers aber hat ein noch mehr comprimirtes Aussehn, als die vorhergehenden Wirbel aufweisen.

Der Wirbel *4 B* hat an einer Seite zwei Protuberanzen *r* und *n*, an der andern aber nur Eine, was aber nur eine Zufälligkeit (Anomalie) ist.

Die 5. Vertical-Reihe — die Wirbel *5, 5 A, 5 B, 5 C, 5 D* und *5 E* halte ich für obere Schwanzwirbel. Ihr Unterschied besteht darin, dass sie an der Seite der Gelenkflächen ein mehr 3-eckiges Ansehn haben. Man bemerkt an jeder Seite derselben nur Eine Protuberanz zur Verbindung mit den Rippen und dieselbe liegt tief, fast am untern Rande des Wirbelkörpers. Die Basis des Rückenmarkcanals ist eine noch schmälere, so wie die Flächen *g* sehr comprimirt.

Man nahm an, dass der *Ichthyosaurus compylodon* Carter, so wie der *Ichthyos. communis* Conybeare im Ganzen 154 Wirbel und zwar: 5 Hals-, 45 Rücken- und 104 Schwanzwirbel hatten. Dabei wurde bemerkt, dass von den 47 vordern an den letzten 3 Hals- und den 22 vordern Rückenwirbeln 25 Paar Rippen, dagegen an den 2 ersten Hals-, den 22 hintern Rücken- und an den 104 Schwanzwirbeln keine Rippen vorkamen, dass an den ersten 10 Rückenwirbeln d. h. vom 5—15. an jeder Seite 2 Gelenk-Protuberanzen zur Verbindung mit den gespaltenen (2-köpfigen) Rippen sich befanden, die folgenden 12 Wirbel aber, d. h. vom 16—28. sich mittels einer Protuberanz mit nur einköpfigen Rippen verbanden. Ausserdem findet man einzelnstehende Protuberanzen noch am 17. und 18. hintern Lendenwirbel, d. h. bis zum 45. Wirbel und an den 90 vordern Schwanzwirbeln, d. h. also bis zum 135. Wirbel.

Nach diesen Andeutungen urtheilend, kann man die Wirbel vom 1—*1 C* als hintere Halswirbel, alle Wirbel aber vom 2—*2 C*, von 3—*3 B* und von 4—*4 C.* als Rückenwirbel und namentlich als zu den 10 vordern gehörig betrachten. Die Formveränderung aber der Wirbelkörper, die wir an diesen Wirbeln sehen, lässt annehmen, dass bei dem *Ichth. comp.* Carter der mit 2-köpfigen Rippen verbundenen Wirbel mehr als 10 waren, was auch

schon für die allmählige Senkung der Verbindungslinie der Rippen mit den Wirbelkörpern erforderlich war.

Die Wirbel von 5—5 *E* endlich können vorläufig für untere Lenden- oder obere Schwanzwirbel angesehn werden. Aus allem hier Angeführten kann man übrigens positiv schliessen, dass die Wirbel der 4. Reihe d. h. 4—4 *C* nicht für den 45. und für die grössten Wirbel der Wirbelsäule, zu der sie gehörten, angesehn werden können und daher kann die Bestimmung der Grösse des Thieres und der Skelettheile nach einem jeden dieser Wirbel nicht als übertrieben angesehn werden.

Taf.	Fig.	Vert. Diam.	Ganze Länge d. Thieres.	Länge d. Kopfes.	Länge d. Rumpfes.	Länge d. Schwanzes.
11	4	4,5″	3 Faden 1,5′	4,5′	10,125′	7,875′
»	4 *A*	4″3‴	3 —	4,2′	9,45′	7,35′
»	4 *B*	3,5″	2,5 —	3,5′	7,875′	6,125′
»	4 *C*	2,5″	1,5 —	2,10′	5,40′	3,00′

Auf Taf. 17, Fig. 5 *a* und *b* ist das Bruchstück eines Dornfortsatzes des *Ichth. comp.* Carter dargestellt. *A*, Ansicht von der Seite, *B* von hinten. *àà* bezeichnet die vordern Theile der Dornfortsätze, welche als Gelenkfortsätze (*proéminences des apophyses épineuses*) dienten.

Wie die Form dieses Knochens erkennen lässt, kann man annehmen, dass dieser Fortsatz zu einem der mittlern Rückenwirbel und zwar, wie wir weiter unten bei der Untersuchung der Knochengewebe sehen werden, eines noch recht jungen Thieres gehörte.

Rfppen des *Ichth. comp.* Carter besitze ich nur in kleinen Bruchstücken. Auf Taf. 13. Fig. 3 und Taf. 16, Fig. 7, 7 *A*, 7 *B* sind deren Querschnitte dargestellt. Die erste Abbildung ist in natürlicher Grösse ($^1/_1$), die 2. $^4/_1$-fach vergrössert ausgeführt.

Aus diesen Abbildungen sieht man, dass die Wirbel im Querschnitte eine von der comprimirt-elliptischen bis zur dreieckigen sich verändernde Form hatten. Von der Structur des Gewebes wird weiter unten die Rede sein.

Die Knochen der vordern und hintern Gliedmassen oder Flossen.

Tafel 14 und 15.

Das Oberarmbein (Humerus) *e* hat bei den Ichthyosauren im Allgemeinen eine kurze und dicke Gestalt. Das obere oder zum Rumpfe nähere Ende ist gedrungen und abgerundet und mit demselben dringt der Humerus in eine von dem Schulterblatte und der Brustplatte gebildete Gelenkvertiefung ein. In der Mitte ist der Humerus dünner, am vordern oder entfernten Ende aber flach, mit Vertiefungen zur Aufnahme der Vorderarmknochen versehen.

Das Oberschenkelbein (Femur) *k* der Ichthyosauren ist bedeutend kleiner und kürzer, als das Oberarmbein, doch an Gestalt demselben sehr ähnlich. Mit seinem obern oder nähern

(zum Rumpfe) Ende ist es mit den Beckenknochen verbunden, mit dem untern oder entferntern aber mit den Unterschenkelbeinen.

Auf den Abbildungen *D* Taf. 14 und 15, Fig. 1. 1. Fig. 2 und 3 geht die Linie *xx* der longitudinalen Richtung des obern Gelenkkopfes der Oberarm und Oberschenkelbeine unter nicht ganz rechtem Winkel zur Linie *x'x'* der longitudinalen Richtung der Gelenke sowohl des Radius *f* und der Ulna *g*, als auch der Tibia *l* und Fibula *m*, wenn man sich Humerus und Femur in ihrer natürlichen Lage vorstellt, d. h. dass ihre Gelenkverbindungen mit der *scapula* und den Beckenknochen sich in einer Lage befinden, wie sie zum Rudern nothwendig ist.

Die allgemeine Contour des Humerus *e* und des Femur *k* zeigt, wie auf Taf. 14, Fig. 1 und Taf. 15, Fig. 1, 2 zu sehen ist, am obern Ende eine sehr entwickelte dicke, kugelförmige Anschwellung, am untern Ende dagegen mehr oder weniger comprimirte concave Oberflächen.

An ihrer äussern Seite *nn* geht von der Mitte des obern verdickten Randes *cd* und *ip* zur äussern Seite des Radius *f* und der Fibula *m* eine kielartige Erhöhung, welche nach unten zu breiter wird und einen Vorsprung *nf* und *nm* bildet. An dem zum Rumpfe gekehrten obern Ende sind Humerus und Femur flacher, von dem untern Rande der obern bogenförmigen Anschwellung *cd* und *ip* geht ein erhabener Kamm (*crista*) zum hintern Winkel *mg* und *ml*, welcher ebenfalls einen Vorsprung bildet und die Gelenkfläche des Oberarmbeins *e* und des Oberschenkelbeins *k* für die ulna *g* und tibia *l* verlängert. Bei dieser Bildung des Oberarm- und Oberschenkelbeins findet man an der Aussenseite ihres obern oder nähern Endes eine gewisse Auswärtsbiegung nach der Linie *xx*. Dr. C. Theodori bemerkt, dass das Oberschenkelbein (Femur) dieselbe Gestalt hat, wie das Oberarmbein (Humerus) und dass, wenn der Humerus eine Zusammenschnürung zeigt, man an demselben Skelet eine solche auch am Femur findet, dass aber bei diesen Thieren der obere Gelenkkopf des Femur immer bedeutend weniger verdickt ist, als der Gelenkkopf des Humerus und dass diese Verdickung nicht so bedeutend über den Hals des Knochens hinaus reicht.

Hierzu kann man hinzufügen, dass der obere Gelenkkopf des Femur bei einer geringern Verdickuung nach der Linie *x'x'* in den meisten Fällen in der Richtung *xx* eine verhältnissmässig grössere Entwicklung oder Verlängerung aufweist, was von seiner Gelenkverbindung mit den Knochen des Beckengürtels bedingt sein konnte, dass das untere Ende des Femur verhältnissmässig dünner, als das untere Ende des Humerus ist. Wenn man aber bedenkt, dass sowohl Humerus als Femur sich mit dem Wachsthume, wie es scheint, bei den Ichthyosauren in ihrer Form bedeutend veränderten, so kann man die Bestimmung der Knochen Taf. 14, Fig. 1 und 2 für unzweifelhafter halten, als die der Knochen Taf. 15, Fig. 1, 2, 3; von den letztern kann man aber mit Bestimmtheit nur etwa das sagen, dass diese Knochen jüngern Thieren angehört haben, oder, dass die Hinterflossen bei den Ichthyosauren sich später, als die vordern entwickelten; daher verdient die Vergleichung dieser Knochen mit denen auf Taf. 14, Fig. 1 und 2 eine besondere Aufmerksamkeit.

Bei der vorläufigen vergleichenden Zusammenstellung der respectiven Dimensionsverhältnisse der Skelettheile wurde es für möglich erkannt anzunehmen, dass die Länge der Vorderflossen sowohl des *Ichthyosaurus compylodon* Carter, als auch des *Ichth. communis* Conybeare 0,07 der ganzen Länge des Thieres beträgt, ihre Breite nicht 0,04 übersteigt und dass die Hinterflossen an Länge, wie an Breite etwas geringer waren.

Wenn wir diese Berechnung zur Richtschnur nehmen und annehmen, dass die Länge des Humerus *e*, gleich 0,3 der Länge der ganzen Flosse, oder $0{,}07 \times 0{,}03 = 0{,}021$ der ganzen Körperlänge ist, so sehen wir, dass der in $^1/_2$ natürlicher Grösse dargestellte (Taf. 14, Fig. 1) humerus, welcher im Ganzen eine Länge von 5,4″ hat, einem Thiere von 3 Faden Länge entspricht.

Wenn wir aber die auf Taf. 15, Fig. 1, 2 und 3 in $^1/_2$ natürlicher Grösse dargestellten Knochen, die eine Länge von 3,6—3,8″ haben, ebenfalls als Humerus annehmen, so würden sie einem Thiere von nur 2 Faden Länge entsprechen, was unzweifelhaft zeigt, dass diese Knochen jüngern Individuen der Species *Ichth. comp.* Carter gehörten, welche vollständig ausgewachsen wohl eine Länge von mehr als $3^1/_2$ Faden hatten.

Hinsichtlich der Gestalt des Radius *f* und der Ulna *g* kann bemerkt werden, dass dieselbe auf Taf. 14, die der Ulna *g* durch Fig. 1 *E* und *F* genau dargestellt ist, von denen die erste Abbildung eine Ansicht von oben, die 2. von der Seite *s*, die 3. von der Seite *s′* giebt. Der Radius ist auf Fig. 3, *A*, *B*, *C*, *D*, *E* und *I* nach allen Seiten in $^1/_2$ natürlicher Grösse dargestellt. Er hat am äussern Rande keinen Ausschnitt, was mit der Gestalt desselben Knochens bei dem *Ichthyos. communis* Conyb. übereinstimmt. Ulna und Radius haben in ihrer Contour viel Aehnlichkeit mit denselben Knochen auf Pl. 22 von Th. Hawkins Mem. of Ichth. and Ples. wo eine gut erhaltene Flosse des, wie der Autor meint, *Ichthyos. Chiroparamecostinus* Hawk. (d. i. ovalrund knochenhändiger Ichth.) oder des *Ichth. communis* Conyb. dargestellt ist. Diese Flosse ist im Lias in Street gefunden und dadurch bemerkenswerth, dass fast ein jeder ihrer flachen Knochen Spuren einer Centralfissur zeigt. Die Abbildung dieser Flosse zeigt uns Knochen von einer ganz ähnlichen Gestalt, wie die auf Taf. 14, Fig. 4—11 in $^1/_2$ natürlicher Grösse dargestellten.

Untersuchung der Knochengewebe des Ichth. Compylodon Cart. aus dem Sewerischen Osteolith.

Taf. 6. Fig. 3 *E*, 4 *D* und 5 *D*; Taf. 7. Fig. 5 *D* und *E*; Taf. 10. Fig. 1 *A*, *B* und *C* und Fig. *A*. *B*; Taf. 12, Fig. 1—6; Taf. 13. Fig. 1—4; Taf. 14. Fig. 3 *D′*, *D″* und *E′* und Taf 16. Fig. 1—7 *B*.

Alle Vergrösserungen sind als lineare genommen.

Indem ich mich der Untersuchung der Structur der Gewebe dieser Knochen zuwende, muss ich bemerken, dass dieselben nach ihrer Gestalt und der Structur ihrer Gewebe in: flache, lange, kurze Knochen, Wirbel und Rippen getheilt werden können.

In meiner Sammlung gehören zu den Knochen der ersten Abtheilung — den flachen: die Brustplatte, das Zungenbein und ein Dornfortsatz.

Die Structur dieser Knochen ist auf Taf. 6. Fig. 5 *D*, Taf. 7. Fig. 5 *D* und *E* und Taf. 12. Fig. 5 und 6 dargestellt. Zur zweiten Abtheilung — den langen Knochen gehören: die Knochen des Ober- und Unterkiefers. Die Structur derselben ist auf Taf. 6. Fig. 12 und 3 *E*, Fig. 4 *D* und Taf. 10. Fig. 1 und 2 dargestellt. Zur 3ten Abtheilung — den kurzen Knochen gehören: die kleinen Knochen der Flossen und nach der Structur wäre es richtiger auch *Humerus* und *Femur* hierher zu rechnen. Die Structur ihrer Gewebe sehen wir auf Taf. 14. Fig. 3 *D'*, *D''* und *E'* und auf Taf. 16. Die 4te Abtheilung bilden die Wirbelkörper. Die Structur ihres Gewebes ist auf Taf. 12 und 13 dargestellt. Zur 5-ten Abtheilung gehören die Rippen. Ihre Structur zeigen Taf. 13. Fig. 3 und 4 und Taf. 16. Fig. 7, 7 *A* und *B*. Die microscopische Structur der Knochen- und Knorpelgewebe ist bei verschiedenen Vergrösserungen von $^{10}/_{1}$ — $^{600}/_{1}$ facher untersucht worden.

Bei Betrachtung der Gewebe mit der Lupe finden wir, dass in den flachen Knochen, in der Brustplatte, dem erweiterten Theile des Zungenbeins und im Dornfortsatze keine innere Höhlung existirt, die Knochenmasse aus sehr undichtem Gewebe besteht.

Die langen Knochen des Ober- und Unterkiefers erscheinen in ihrer ganzen Länge und Breite von gleichmässiger, homogener und besonders fester eigenartiger Structur mit sehr feinen und langen Medullar- oder Havers'schen Canälen, die sich bisweilen durch Queräste mit einander vereinigen. Die Knochenmasse des *Humerus* und des *Femur* hat eine feste, spongiöse Structur, welche zur Oberfläche hin feiner, in der Mitte des Knochens aber undichter nnd schwächer wird, besonders bei jungen Thieren, woher diese Knochen in fossilem Zustande gleichsam eine innere Höhlung zu haben scheinen.

Die kleinen Knochen der Flossen erscheinen als ein verknöchertes Stück von homogener spongiöser Masse. In der Mitte des Körpers dieser Knochen sieht man von dieser unregelmässig strahlenförmig ausgehende Risse. Der Schnitt ist in der Richtung der Linie *m n* gemacht.

Die Wirbelkörper bestehen auch aus einem verknöcherten Stück eines spongiösen Knochens, wie alle kurzen Knochen auch. Namentlich an alten Wirbeln findet man die Zellen der spongiösen Masse concentrisch in strahlenförmigen Streifen gelagert.

Die Rippen haben ein Gewebe von geringer Festigkeit, mit langen longitudinalen Medullarcanälen. In der Mitte wird dieses Gewebe sehr undicht und konnte sich deshalb bei jungen Individuen nur schwer bei der Versteinerung erhalten, was Grund zu ihrer unregelmässig zusammengedrückten Gestalt in fossilem Zustande wurde und Anlass zu der Annahme gab, dass diese Rippen der Ichthyosauren innere Höhlen enthielten.

In Descr. and illustr. hist. Ser. Vol. II, p. 130 und 131, Pl. IX, Fig. 34 — 37, prepar. 13,6,85 und 13,6,91 sind dargestellt: der Querschnitt eines Knochens aus dem Unterkiefer eines Ichthyosaurus bei $^{95}/_{1}$ maliger Vergrösserung und einige strahlenförmige Zellen desselben Schnitts bei $^{440}/_{1}$ facher Vergrösserung, die, wenn die Zeichnung genau ausgeführt

ist, 0,026‴ lang und 0,005‴ breit sind. Die Darstellung eines Längenschnitts des *Femur* desselben Ichthyosaurus zeigt verlängerte und auch mehr rundlich gestaltete Zellen bei $^{93}/_{1}$ facher Vergrösserung, und einige strahlenförmige Zellen desselben Schnitts bei $^{440}/_{1}$ facher Vergrösserung, die, wenn die Zeichnungen genau sind, einen Querdurchmesser von 0,012‴ haben. Die von uns in einer Copie Taf. 17, Fig. 3 und 4 gegebene Abbildung des Querschnitts eines Caschelotts (*Physeter macrocephalus*) bei $^{95}/_{1}$ facher Vergrösserung zeigt, dass die Knochenröhrchen dieses Knochens eine Dicke von 0,002‴ haben.

Alle von uns untersuchten Knochen der Ichthyosauren zeigen ohne Ausnahme stellenweis ein mehr oder weniger knorpliges Gewebe, was, wie früher erwähnt wurde, möglicher Weise auf eine Eigenthümlichkeit derselben hinweist, die eben darin besteht, dass in den Knochen der Enaliosaurier die Knorpelgewebe sehr langsam, vielleicht während der ganzen Dauer ihres Lebens, wenigstens während der ganzen Periode ihres Wachsthums, welche auch sehr lange dauern konnte, in Knochengewebe übergingen.

Wenn man alle Formveränderungen der von mir untersuchten Knochengewebe der Enaliosaurier (Meer-Eidechsen) in Betracht zieht, so gelangt man zu dem Schlusse, dass ihre Knochen, wie die der jetzt lebenden Säugethiere, knorplig praeformirt waren, dass das Knorpelgewebe also eine transitorische Bedeutung hatte und dass die Entwickelung der Knochen aus dem Knorpel in der That folgendermassen vor sich gehen konnte: die Knorpelzellen verkalkten erst, stellten dann ein Knochengewebe dar, welches hinsichtlich der Bildung des wirklichen Knochens eine nur provisorische Bestimmung hatte, denn kaum hatte sich ein solches Knochengewebe gebildet, so fing in demselben auch schon eine Zerstörung durch Resorption an, damit die in den Knorpelzellen enthaltene Grundsubstanz sich verbreiten konnte. In Folge einer solchen Verbreitung der Grundsubstanz verschwand das provisorische Knochengewebe und die aus den primären Knorpelzellen neu entstandenen Tochterzellen stellten sich nun als Bindegewebszellen dar, welche durch Knochenverschmelzung die dabei entstandenen Hohlräume nur zeitweisse füllten. Die Zellenmasse war in mehre Gruppen getheilt: ein Theil der Zellen ging in Knochenzellen (Osteoblasten), der andere in Markzellen über. Das Osteoblastem wurde um einige Organisationscentra concentrisch gruppirt und verknöcherte erst dann. So verknöcherte Schicht um Schicht und bildeten sich Schichten, die daher sich concentrisch um die Hohlräume im Knochen lagerten, die Hohlräume wurden von Markzellen gefüllt, deren Reste in den Petrefacten noch deutlich zu sehen sind und als Havers'sche Canälchen erscheinen.

Bisweilen sieht man auch deutlich, dass die Knochenzellen, indem sie sich durch Theilung vermehrten, die Grundsubstanz verdrängten und zur allmähligen Resorption derselben mitwirkten. Ich nehme auch noch an, dass die zur Bildung des Knochens dienenden Elemente nicht aus den verknöcherten Knorpelzellen entstanden, sondern im Gegentheil sich aus der sich in denselben vervielfältigenden Knochenmarkhaut ausschieden. Das Knochengewebe mit Knochenzellen ist von allen das gewöhnlichste und das am meisten verbreitete. Man findet es bei der Skeletbildung aller Classen von Wirbelthieren betheiligt. In dem

Knochengewebe der Ichthyosauren aber bemerkt man, wie im Knochengewebe des Caschlott's Taf. 17 Fig. 3, 4 und einiger anderer Thiere den Dentincanälchen ähnliche, jedoch mehr isolirte Knochenröhrchen *t*, welche mit benachbarten Röhrchen und den Ausläufern der Knochenzellen vielfach anastomosiren.

An allen von uns dargestellten Abbildungen der Structur der Gewebe der Knochen der Ichthyosauren bei $^{95}/_{1}$ — $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung sehen wir, dass diese Gewebe nur dann zu Stande kommen konnten, wenn in ihren ohne Unterschied aus Zellen bestehenden einzelnen Theilen sich Kalksalze ablagerten, wodurch die Grundsubstanz in welche die einzelnen Zellen noch während ihrer Thätigkeit ihre feinen Protoplasma-Ausläufer aussandten, verkalkte oder sclerosirte. Ihnen folgten die ihnen gleichen nächsten Zellen und traten ebenfalls allmählig in dieselbe Schicht der Intercellularsubstanz, welche dann auch diese letztern Zellen umgab. Auf solche Weise verwandelten sich die Knorpelgewebs-Zellen in Knochenkörperchen. Dr. C. Gegenbaur (vergl. Anm. p. 17. Heft 2. Schultergürtel der Wirbelthiere) sagt, dass die Knorpelzellen unmittelbar nach stattgehabter Ablagerung von Kalksalzen in die Intercellularsubstanz sich in Knochenzellen verwandeln. Die darauf folgende Auflösung des aus Knorpel entstandenen Knochengewebes wird sonst nirgends angetroffen, als in den Knochen der Säugethiere, in welchen die Markcanäle des entstandenen Knochengewebes wieder verschwinden und ein neues Havers'sches System entsteht. Daraus aber, dass die Zunahme der unmittelbaren Verknöcherung der Knorpel in der nothwendigen Stufenfolge vor sich geht, kann man schliessen, dass die entsprechenden Eigenthümlichkeiten während der Verknöcherung des Gewebes nicht der Schnelligkeit des Wachsthums und der verstärkten Ausdehnung einer solchen Gewebsbildung selbst zugeschrieben werden können. Also beweist alles über die Aufeinanderfolge der Bildung des Knochengewebes Gesagte, dass die Ichthyosauren Säugethiere waren.

Auf Taf. 12, Fig. 5 und 6, welche zu Taf. 17 Fig. 5 gehören, ist das Gewebe eines Dornfortsatzes eines der vordern Rückenwirbel eines noch ziemlich jungen *Ichthyos. compylodon* Carter dargestellt.

Fig. 5 stellt einen Querschnitt nach der Linie *mn* dar, Fig. 6 einen Längesschnitt nach der Linie *cp*. Die Structur der Gewebe ist bei $^{95}/_{1}$-maliger Vergrösserung dargestellt, wobei sich die durchschnittliche Grösse der Medullarcanäle 0,04‴ erwies. Diese Canäle zeigen sich mit einer Masse verkalkten Breies oder Osteodentins *d″* angefüllt, in welcher man mit Mühe stellenweis die Spuren von Knorpelzellen unterscheiden kann.

Auf Taf. 10 Fig. 1 *A*, *B*, *C* und Fig 2 *A*, *B*, welche zu Fig. 1, 2 und 3 *E* Taf. 6 gehören, ist das Gewebe des Intermaxillarknochens dargestellt. Fig. 1 *A*, 1 *B*. und 1 *C*, zeigen die Structur dieses Knochens, wie auch aller langen Knochen der Kiefer im Längenschnitte, Fig. 2 *A* und 2 *B* im Querschnitte. Die Zeichnungen *A* sind bei $^{140}/_{1}$-facher, *B* und *B* bei $^{600}/_{1}$ *C*, bei 900-facher Vergrösserung ausgeführt. Wir sehen hier: die verhältnissmässig feinen Medullarcanäle, deren Diameter durchschnittlich 0,008 — 0,01‴ beträgt; sie sind mit breiigem Osteodentin *d″* angefüllt. Knochenzellen oder Körperchen, deren Gestalt

und Grösse sehr verschieden ist, namentlich die Länge der länglichen Zellen variirt von 0,006‴ — 0,01‴, ihre Breite von 0,0015‴ — 0,003‴, der Durchmesser der runden Zellen aber 0,0015 — 0,003‴.

Ausserdem kann man an diesen Knochen, wie auch an dem Kieferknochen des Caschlott die Canälchen *t*, deren Durchmesser hier nicht 0,002‴, sondern nur 0,0004‴ erreicht, deutlich sehen.

An den Querschnitten Fig 2 *A* u. 2 *B* endlich sehen wir Lit. *nn* Risse besonderer Art, welche vorzugsweise strahlenförmig von den Markcanälen ausgehen. Die Länge dieser Risse auf Fig. 2 *B* erreicht 0,015‴; an den Längesschnitten des Knochens aber sind die Ränder dieser Risse durch nichts von den Linien der Knochen- oder Cementcanälchen *t. t.* unterschieden.

An allen diesen, den Schnitt des Knochens an seiner äussern Oberfläche darstellenden Abbildungen sieht man deutlich die Bildung des Knochengewebes aus dem Knorpelgewebe, wie dieselbe oben von uns erläutert wurde. Der Vergleich der Verkalkung des Gewebes an den Rändern des Knochens mit der Verkalkung des Marks in den Medullarcanälen, führt, so zu sagen, den ganzen Verknöcherungsprocess an unsern Augen vorüber und wir sehen, dass die Bildung des Knochengewebes Taf. 10 Fig. 1 *C*, der Art vor sich geht, dass zuerst rund um die Knochenzellen Verknöcherungs- oder s. g. Knorpelringe *kr* bemerkt werden, in denen man deutlich das Vorkommen von Salzen wahrnimmt. Dann beginnen die Peripherien der verknöcherten Ringe an einigen Stellen zu zerfallen, die Wände zweier oder mehrer Zellen fliessen zusammen und bilden eine einzige Zelle oder Höhlung *t'u'*. In einem solchen Falle besteht ihr Inhalt aus 2 oder mehren Kernen. Je mehr sich der Process dem Knochengewebe nähert, desto dünner werden die Wände der Höhlungen, bis sie endlich ganz verschwinden, dann erscheinen die früher in ihnen enthaltenen Kerne nur von einem hellem Reifen umgeben. Das Knochengewebe weiter verfolgend, sehen wir, dass auch der helle Ring verschwindet und eine homogene Masse nachbleibt, in welcher die aus den Kernen entstandenen Knochenkörperchen einzeln eingelagert sind. Je mehr sich die Kerne von den Zellenwänden befreien, desto deutlicher werden ihre Ausläufer *tl* sichtbar, bis sie ihre normale Länge und Gestalt erreicht haben. Mit Hilfe dieser feinen Ausläufer befanden sich die Zellen einer schon abgelagerten Osteoblastschicht in ununterbrochener Communication und daher besass jede dieser Zellen die Eigenschaft ein Knochenkern werden zu können. Das Knochengewebe des Humerus ist auf Taf. 16, Fig. 1 und 2 im Länges- und Querschnitt bei $^{95}/_{1}$-maliger Vergrösserung dargestellt. In diesem Gewebe finden wir nichts Besonderes, ausgenommen, dass seine Medullarcanäle dicker und zahlreicher und der äussern Gestalt dieser Knochen entsprechend gekrümmt sind.

Fig. 3 und 3 *A* Taf. 16 zeigt das Gewebe des Radius in der Fläche *nm*. Taf. 12 Fig. 3 *D* und *D'* bei $^{95}/_{1}$, Fig. 3 *A*, einen Theil desselben Schnitts bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung. An dieser letzten Abbildung sind die Canälchen *t* und die Höhlungen *t'u'* und die Transformation der Knorpelzellen *kr* in Knochenzellen *lk* deutlich zu sehen. Der Durchmesser der

Canälchen *t* kann nicht grösser als 0,0004‴ angenommen werden, die Länge der Knochenkörner aber = 0,005‴.

Fig. 4 zeigt das Gewebe desselben Radius bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung aus der Schnittfläche *xy* (vergl. Taf. 14 Fig. 3 *E* und *E'*) entnommen, Fig. 5 u. 5 *A*, 6 u. 6 *A* aber zeigen die Structur dieses Knochens an seinem äussern Rande, wie dies durch die Linien *zz* und *z'z'* Fig. 4 bezeichnet ist.

An diesen Abbildungen = Fig. 5 *A* und Fig. 6 *A*, kann man auch die Transformation der Knorpelzellen *kr* und der Höhlungen *t'u'* in Knochenkörner *lk* deutlich sehen, die Dimensionen stimmen mit den früher angegebnen überein.

Tafel 12, Fig. 1, *1 A*, *1 B*, *2*. *2 A* und *2 B*, 3 und *3 A*, 4 und *4 A* stellt die Untersuchung der Gewebe eines stark verknöcherten Wirbels bei $^{3}/_{1}$, $^{95}/_{1}$ und $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung dar; Taf. 13 Fig. 1, *1 A*, *1 B* und Fig. 2, *2 A* und *2 B* bei denselben Vergrösserungen das Gewebe der Wirbel in bedeutend schwächerem Verknöcherungszustande.

Zu dem, was durch die Zeichnungen so deutlich dargestellt ist, können wir noch hinzufügen, dass die Medullarcanäle *vn* und die Medullarhöhlungen *m* auch in dem Wirbel Tafel 12 noch mit Osteodentin *d''* gefüllt sind, in welchem die Transformation der Knorpelzellen in Knochenzellen zu sehen ist.

Auf Fig. 2. *B*, *3 A*, *4* und *4 A*, welche das Gewebe an der äussern Seite des Wirbelkörpers, d. h. von der Oberfläche seines Gelenkconus nach innen darstellen, sieht man die Verkalkung des Osteodentingewebes in den Gefässen und im Knorpelgewebe an der Oberfläche der Knochen mit Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenkörner. Die Ausmessungen der Medullarcanäle und Zellen aber bieten keine besondern Unterschiede dar. An den Längs- und Querschnitten junger Wirbel Taf. 13, Fig. 1, *1 A*. *1 B*, *2*, *2 A*. *2 B* ist der Process der Bildung und Verkalkung des Knorpelgewebes und dessen Übergang in Knochengewebe bemerkenswerth dargestellt. Wir sehen hier, wie die Medullarcanäle *vn* und die Medullarhöhlungen *m* in dem sie schichtenweis umgebenden, von sehr feinen Spalten *t'e'* durchzogenen Blastem entspringen, wie das Osteodentin *d''* und das Knorpelgewebe, dessen Zellen *kr* in Knochenzellen *lk* übergehen, auftreten. Taf. 13 Fig. 3, *3 A*. *3*, *3 B*, *4* und *4 A* und Taf. 16 Fig. 7, *7 A*, *7 B* zeigen die Structur des Gewebes der Rippen. Von ihnen zeigen Taf. 13, Fig. 3. *3 A*, *3 B* und Taf. 16 Fig. 7 den Querschnitt des Knochens in natürlicher Grösse, die Structur der Gewebe aber bei $^{95}/_{1}$ und $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung. Die Abbildungen Taf. 13 Fig. 4, *4 A* u. Taf. 16, *7 A* und *7 B* stellen das Knochengewebe einer Rippe im Längesschnitt bei $^{95}/_{1}$, $^{600}/_{1}$ und bei $^{10}/_{1}$ und $^{800}/_{1}$-maliger Vergrösserung dar. Wie aus diesen Zeichnungen ersichtlich ist, haben unsere Untersuchungen, wie schon bemerkt, dargethan, dass die Rippen keine innern Höhlungen haben, sondern aus sehr undichtem, spongiösem Gewebe mit langen Medullarcanälen *vn* bestehn und dass diese Canäle mit Osteodentin *d''* angefüllt sind, sowie auch, dass die Bildung dieser Canäle und der Markhöhlen *m* in den Schichten des Blastems *b l* begonnen. Ausserdem zeigt die Zeichnung Taf. 16, *7 B*, dass die äussere Oberfläche der Rippe aus schwachem, dem Osteodentin *d''*

ähnlichen Knorpelgewebe besteht und dass zwischen dieser Schicht und dem Knochengewebe eine Ablagerung des Blastems *b l* zu sehen ist, welches, wie Taf. 13, Fig. *2 A*, *3 A*, *3 B*, und *4 A* zeigen, zuerst verkalken und die Structur des Osteodentins *d''* annehmen musste, um dann erst die Eigenschaften des definitiven Knochengewebes zu erhalten. Taf. 7, *B*, zeigt ebenfalls die Existenz der Canäle *t* in dem Knochengewebe der Rippen.

Ergebnisse der erläuterten Untersuchungen.

Wenn wir als Hauptzweck der Palaeontologie 1) das Studium der zoologischen Verhältnisse, welche bei den fossilen Thieren vorkamen, 2) die Untersuchung der Verhältnisse der ausgestorbenen Thiere zu den jetzt lebenden und 3) die Erklärung der Veränderungen in der Organisation, welche während langer Zeitperioden vor sich gingen, annerkennen, so muss folgerecht diese Wissenschaft mit Hilfe des Vergleichs der jetzt lebenden mit den ältesten Thierarten und mit Hilfe der vergleichenden Anatomie, der Physiologie und Embryologie der jetzt lebenden Thiere und der, welche einst existirten, das Material zur möglichst annähernden Entscheidung der mit der Entstehung und Entwicklung der organischen Wesen in Verbindung stehenden Fragen sammeln.

Die Classe der Amphibien unnd Reptilien ist eine von denjenigen, welche in paläontologischer Hinsicht das grösste Interesse bieten. Die fossilen Überreste dieser Thiere geben zur Wiederherstellung so seltsamer und oft riesenhafter Formen Anlass und ihre geographische Verbreitung weicht so sehr von der jetzt vorkommenden ab, dass sie unwillkürlich das Interessedes Geologen und Zoologen erwecken müssen.

Aus dem Auftreten der Amphibien und Reptilien in der Vorzeit und ihrem Vorkommen im Verlaufe der ganzen secundären und tertiären Periode folgt, dass ihre Überreste in vielerlei Erdschichten aufgefunden werden. Daher bieten sie viele Data für die Frage über die merkwürdige Regeneration des Organismus und über die Entstehung der verschiedenen Faunen. Die Thiere der jetzigen Fauna bieten mehr Mannigfaltigkeit der Gestalt dar, als die Thiere älterer Faunen, oder mit andern Worten: die Mannigfaltigkeit der Organisation der Geschöpfe ging mit den Zeitperioden in steigender Proportion. Da aber die fossilen Thiere nach den selben Principen organisirt waren, wie die jetzigen, so musste ihr Leben sich durch dieselben Functionen äussern, es müssen also folgerecht die Species der fossilen Thiere ganz ebenso festzustellen sein, wie bei den Arten der jetzt lebenden Thiere und die Überreste der fossilen Thiere müssen als entweder zu einer, oder zu mehren Species gehörig betrachtet werden, je nach dem sie Verschiedenheiten aufzuweisen haben, welche bei der jetzt lebenden Race zu dieser oder jener Folgerung führen würden, wobei natürlich zufällige Abweichungen nicht für eine Störung des zu Grunde liegenden Charakters gehalten werden können.

Bei der Restauration neu entdeckter fossiler Thiere sündigen manche Naturforscher vielleicht in der Beziehung, dass sie dieselbe auf Grundlage unvollständiger Data ausführen und bei der Feststellung der Species irren, in dem sie die vom Alter und unvermeidlich auch vom Geschlechte des Individuums abhängigen Verschiedenheiten mit Kennzeichen der Species verwechseln. Das ist umsomehr der Fall, da die Ichthyosauren, wie es scheint, keine Ausnahme von der allgemeinen Art der Eidechsen bildeten, ihre äussere Gestalt, so wie das Skelet selbst während der ganzen Periode ihres Wachsthums und der Mannbarkeit, welche vielleicht sehr lange dauerte Veränderungen unterlagen, wie alle eidechsenartigen Thiere.

Nach Betrachtung des Ichthyosaurus in allen seinen Theilen kommt man zu der Folgerung, dass diese Thiere bei einer grossen Ähnlichkeit mit den Crocodilen, dennoch in allen ihren Species solche positive Unterschiede darbieten, dass man in ihnen unmöglich eine blosse Übergangsstufe der Eidechsen, die vor ihnen gelebt haben zu den nach ihnen aufgetretenen sehen kann. Sie bieten genügende Beweise dafür, dass sie eine begrenzte Existenzperiode gehabt haben und unumstössliche Beweise dafür, dass sie als eine besondere Thiergattung anmerkannt werden müssen.

Man hält die Ichthyosauren vorzugsweise für Thiere der Liasperiode, obgleich einige Überreste derselben im mittlern und obern Jura und sogar in den untern Schichten der Kreideformation gefunden werden. Bis jetzt jedoch war vorzugsweise nur Europa der Fundort derselben.

Das **Skelet** der Ichthyosauren, welches viele Eigenthümlichkeiten bietet, unterscheidet sich noch durch eine von der knorpligen Beschaffenheit bedingte bedeutende Elasticität seiner Knochenmasse und vorzugsweise durch die Festigkeit seiner Kieferknochen.

Im Allgemeinen war die Gestalt dieser Thiere fischartig ohne einen äusserlich zu unterscheidenden Hals, mit Schwimmfüssen und mit mehren nicht von einander geschiedenen Fingerknochenreihen.

Der Ichthyosaurus ist eine Eidechse, welche den besondern Charakter einer Verbindung von Fisch, Wall und Schnabeltier (*ornithorhynchus*) darbietet. Dieses Thier, zu schnellen Transmigrationen im Meere befähigt, war mit der Wirbelsäule eines Fisches, deren Mechanismus selbst ihm eine grössere Kraft beim Schwimmen verlieh, als die ist, welche durch die Gestalt der Wirbel der Eidechsen und Crocodile wie gross sie auch sein mag, bedingt ist, versehen. In den Flossen wie beim Walle, in der Gestalt der Brustknochen, wie beim Schnabelthiere kann man nicht umhin, eine Adaptation zum bequemern Auf- und Niedersteigen der Ichthyosauren im Meere zu erkennen.

Die Ichthyosauren hatten kein Kreuzbein (*os sacrum*) und kein Brustbein, sondern ein Schlüsselbein und ein Episternum. Ihre vordern Rippen waren am obern Ende gespalten (2-köpfig); der Kopf war in seinem vollen Bestande dem Kopfe der eidechsenartigen Thiere ähnlich, hatte nur kleine, von einander getrennte Nasenlöcher, welche unmittelbar vor den Augenhöhlen lagen, von denselben nur durch die obern Enden der Intermaxillar-(Zwischenkiefer-)Knochen getrennt, während dieselben bei den Crocodilen am vordern Rande der Ba-

sis der Schnauze liegen. Ein solcher Unterschied in der Bildung der Nase bei sonst einander ähnlichen Thieren deutet eine grosse Eigenthümlichkeit ihrer Lebensbedingungen an.

Die Crocodile können Stunden lang unter dem Wasser liegen, indem sie nur die Schnauze herausstrecken, und auf solche Art, ohne selbst sichtbar zu sein, Luft schöpfen. Das giebt ihnen die Möglichkeit aus einem solchen Hinterhalte unvermuthet auf dem Lande lebende Thiere zu überfallen.

Die Ichthyosauren aber mussten, um atmosphärische Luft zu schöpfen, ihre lange Schnauze ganz aus dem Wasser hervorstrecken; vielleicht aber waren sie wegen ihrer im Vergleich mit den Crocodilen niedrigern Organisation, auf welche ihr fischartiger Köperbau hindeutet, seltener genöthigt zum Luftschöpfen an die Oberfläche des Wassers zu kommen. Wir können nämlich annehmen, dass sie eine lange, der des Delphin's ähnliche Schnauze mit sensiblem, beweglichen Ende (Rüsselchen) hatten, was durch eine kleine Biegung der Oberkieferknochen an ihren vordern Enden, durch die Canäle und Öffnungen, welche dieselben der Länge nach durchziehen und unzweifelhaft Gefässen und Nerven den Durchtritt gestatteten und endlich durch die zur Befestigung von Muskeln bestimmten Unebenheiten ihrer Oberfläche angedeutet wird. Mit einer solchen Schnauze konnte das Thier seine Nahrung sowohl am Meeresgrunde, als auch am Alluvium betasten und erlangen.

Die Ichthyosauren waren, nach ihren Zähnen, ihrer Kraft und Grösse zu urtheilen, die furchtbarsten und dominirenden Raubthiere ihrer Zeit. Ihr Aufenthalt am Ufer leitet uns auf die Muthmassung, dass, wenn sie dem Ufer nahe, oder auch fern von demselben starben, ihre Cadaver mit Stücken schwimmenden Holzes leicht auf die am Ufer gelegenen Sandbänke und in seichte Buchten herangeschwemmt und ausgeworfen werden konnten, wie wir dies in unserm Sewerschen Osteolith finden, welcher stets von einzelnen, zerbrochenen und zum Theil mit Holzstücken untermischten Knochen begleitet ist, was wahrscheinlich geschah, ehe die Cadaver mit Alluvium bedeckt wurden, oder während dies geschah. Dasselbe nehmen auch andere Forscher, welche Knochen von Eidechsen in der Wealden Formation unter denselben Verhältnissen fanden, an. Wir hatten auch Gelegenheit Knochen mit noch an denselben haftenden Schalen von Austerarten aufzufinden, wie das auch wieder von Andern an Knochen aus dem Kimmeridge-Boden bemerkt worden und an dem auf Taf. 17 Fig. 1 abgebildeten Knochengerüste eines Ichthyosaurus aus dem Lias zu sehen ist. Dies beweist, dass die Mollusken genügende Zeit hatten, sich an diesen Knochen während der Periode, als die Weichtheile, welche die Knochen bedeckten der Zerstörung anheim fielen, die Knochen selbst aber noch nicht mit Alluvium bedeckt waren, zu befestigen.

Die Ichthyosauren konnten die Kiefer, die bei ihnen bedeutend länger, als bei den Crocodilen waren, ganz ungewöhnlich weit öffnen. Bei den grössern Species der Ichthyosauren, wie z. B. bei dem Ichthyos. platyodon und trigonodon waren die Kiefer mehr als 6′ lang und man kann nicht daran zweifeln, dass die räuberischen Gewohnheiten dieser Thiere sich, wie

bei den Crocodilen der Jetztzeit, durch häufigen Verlust ihrer Zähne äusserten, die beständig ersetzt wurden.

Die **Zähne** der Ichthyosauren sind, wie bekannt, denen der Crocodile ähnlich, doch hinsichtlich der Art ihrer Insertion in den Kiefern verschieden, da sie sich in einer nicht durch Querscheidewände in einzelne Alveolen getheilten gemeinsamen Alveolenfurche befanden.

Nach R. Owen's Angabe hatten die Ichthyosauren Postorbital- und Supratemporal-Knochen, welche hinten und oben die Bogen des Orbitalrandes ergänzten und zwischen den Stirn- und Scheitelbeinen findet man ein *foramen parietale*, wie man zwischen den Seitentheilen des Hinterhauptbeines und den Schläfenbeinen Oeffnungen bemerkt.

Die **Zwischenkieferknochen** sind bedeutend grösser, als die Oberkieferknochen und geben der Schnauze ihre Länge. Die Oberkieferknochen aber sind schmal und verhältnissmässig kurz und liegen unter dem untern Rande der Nasenlöcher. Jeder Unterkieferast bestand aus 6 besonderen Knochen.

Ob die **Zunge** bei den Ichthyosauren unbeweglich, wie bei den Crocodilen, oder beweglich, wie bei dem Chamäleon und andern Eidechsen war, darüber hat man keine Andeutungen.

Was das **Gehörorgan** betrifft, war das Ohr- oder Quadratbein mit dem Schädel verbunden. Man kann annehmen, dass die Ichthyosauren kein äusseres Ohr besassen und dass ihr Gehörorgan von der einfachsten Art war, dass ihr Gehör, wie bei den Wallfischen, unter dem Wasser sehr fein und die Gehörtrommel mit der äussern Haut bedeckt war.

Die **Augenhöhlen** der Ichthyosauren sind sehr gross und ihre Augen bildeten durch ihre ungewöhnlich grossen Dimensionen, welche die aller jetzt lebenden Thiere übertrafen, den Hauptunterschied des Kopfes derselben. Ausserdem konnten die Augen der Ichthyosauren sich sowohl zur Unterscheidung der nächsten, als auch der entferntesten Gegenstände accomodiren, ja in der tiefsten Finsterniss sehen. Der Augapfel war sicher befestigt und durch einen besondern Apparat-Kreis knöcherner Selerotica-Platten Taf. 9, Fig. 10 und 11, die übrigens, wie es scheint, bei den verschiedenen Arten dieser Thiere nicht von gleicher Form und Aussehen waren, geschützt. Ein solcher Schutz des Auges war unumgänglich nothwendig bei der Art und Weise, wie das Thier, um seine Nahrung zu erlangen, mit der Schnauze arbeiten musste und bei dem Hinausstrecken derselben aus dem Wasser um atmosphärische Luft einzuathmen, weil sie dabei an der Oberfläche des Wassers dem Wellenschlage ausgesetzt war.

Die **Wirbelsäule** bestand aus einer grossen Anzahl kurzer, ichthyöser, d. h. doppelt concaver, sonst nur den Fischen eigener Wirbelkörper, mit welchen die Bogen der Dornfortsätze durch Bandverbindungen zusammenhingen. Der erste Wirbel (Atlas) und der zweite (Epistropheus) werden bisweilen mit einander verwachsen angetroffen, aber auch in diesem Falle hatte ein jeder seinen eigenen obern Bogen. An der untern Seite aber befanden sich bisweilen, nach Egerton's Angabe, sowohl zwischen dem 1sten und 2ten, als

auch zwischen dem 2ten und 3ten Wirbel keilförmige Knocheneinsätze — Schaltknochenstücke oder sog. «Egerton'sche Keile». Indem wir übrigens dieser Angabe Egerton's erwähnen, legen wir derselben nicht die Bedeutung einer allgemeinen Eigenthümlichkeit bei, es war dies vielleicht nur das Kennzeichen einer Species-Eigenthümlichkeit oder ein Vorgang des Wachsthum der Ichthyosauren.

An den vordern Wirbeln sind, wie wir schon wissen, die obern und untern Querfortsätze nur in Gestalt kleiner Protuberanzen entwickelt und mit diesen verbanden sich die Enden der obern gespaltenen (2köpfigen) Rippen zu einem Gelenk.

Weiter nach hinten, d. i. zum Schwanze, näherten sich die Protuberanzen, wie früher angegeben, allmählig einander, bis sie endlich in eine einzige verschmolzen, wobei das obere Rippenende auch ungetheilt war.

Nur an den obern oder vordern Schwanzwirbeln bemerkt man Querfortsätze, weiterhin verkümmern sie.

An den Wirbelkörpern, welche den Endstücken, Gliedmaassen, d. i. den Flossen entsprechen, sieht man eine seitliche Comprimirung wahrscheinlich zum Zweck einer freiern verticalen Bewegung der Flossen beim Schwimmen.

R. Owen nimmt an, dass diese Thiere zur bequemern Ortsveränderung mit einer Schwanzflosse ausgestattet waren.

Vom 2ten Wirbel an befanden sich in der ganzen Länge des Rumpfes an den allmählig länger werdenden Rippen knöcherne Anhängsel, Sternocostal-Elemente, welche vorn die kurzen Sternalstücke umfassten, hinten aber an der Bauchfläche unmittelbar aneinander lagen, wie bei den Crocodilen. An den Schwanzwirbeln vereinigen sich aber die Rippen unten nicht mit einander.

Der **Brust- oder Schultergürtel** besteht aus dem Schulterblatt (scapula), den Coracoidknochen oder Platten und dem Schlüsselbeine (clavicula), welches den vordern Rändern der beiden Coracoidknochen anliegt und sie mit dem T-förmigen Knochen verbindet, welcher zwischen die unten breiter werdenden Enden der Coracoidknochen als Episternum tritt.

Das **Becken** dieser Thiere bestand aus den Darmbeinen, welche gleich den Rippen nur mit einem Wirbel verbunden waren und mit denen sich erst tiefer die Sitz- und Schambeine vereinigten.

Das **Oberarmbein** (Humerus) und das **Oberschenkelbein** (Femur), noch mehr aber die **Vorderarm-** und **Unterschenkelknochen** sind kurz und flach und auf sie folgen je 3 kurze, flache Knochen in der ersten Reihe des Carpus und Tarsus der Amphibien. Dann folgt eine aus 4 Knochen bestehende Querreihe, an welche sich endlich eine gewisse Anzahl von Zehen, die sich durch viele Reihen von Phalangen-Elementen auszeichnen (vergl. Taf. 9 Fig. 13) anschliesst. Es muss noch bemerkt werden, dass der Schultergürtel mehr oder weniger stark, bei allen Species der Ichthyosauren aber bei weitem stärker als der Beckengürtel entwickelt ist.

Die Knochen der Hinterflossen sind bei vielen Species sehr klein. Da jedoch die **Kreuzwirbel** bei allen Species der Ichthyosauren ohne Ausnahme zu den grössten Wirbeln gehören und die Schwanzwirbel sich in der ganzen Länge des Schwanzes bis an sein Ende befinden, so beweist das, dass der Schwanz der Ichthyosauren sehr stark war und dem Thiere als hauptsächlichstes Werkzeug der Fortbewegung diente. Daher treten wir R. Owen's Meinung bei, dass die Ichthyosauren eine Schwanzflosse haben konnten, welche aus einer oberflächlichen bis an den Wirbel der Schwanzbiegung oder Verrenkung reichenden Muskeldecke bestand. Diese Verrenkung aber mochte in der That erst nach der Einbettung des Thieres bei der Verwesung der verbindenden Bänder an dieser Stelle entstanden sein. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme erhellt daraus, dass eine solche verticale Schwanzflosse einem so riesigen und gefrässigen Raubthiere bei seinem kurzen und unbeweglichen Halse zu einem raschen und kräftigen Hinstoss in horizontaler Richtung auf eine Beute unumgänglich nöthig war.

Eine solche grosse, ebenfalls knochenlose, doch horizontale Schwimmflosse sehen wir am Schwanzende der Wallfische und diese macht es ihnen möglich, den Kopf zum Athemholen über die Wasserfläche hinauszustrecken. Indess ist an den Skeleten und zwar nicht bei allen Species, die Existenz dieser Flosse nur durch die comprimirte Gestalt des letzten Schwanzwirbels angedeutet, so dass bei der Untersuchung der Fossilien die Existenz einer solchen Flosse nur aus der Form einiger weniger Wirbel gemuthmasst werden kann. Ebenso, wie die Wale, mussten auch die Ichthyosauren, die ebenfalls durch Lungen athmeten und dabei einen kurzen, unbeweglichen Hals hatten, den Kopf von Zeit zu Zeit an die Oberfläche des Wassers emporstrecken und obgleich ihnen auch diese Bewegung mit Hilfe der Hinterflossen ermöglicht wurde, so waren doch z. B. bei den dem *Ichthyosaurus communis* näher verwandten Arten dieselben sehr klein und standen zu dem riesigen Rumpfe in keinem Verhältniss, so dass diesen Ichthyosauren eine breitere Schwanzflosse nothwendig gewesen sein dürfte, während bei den dem *Ichthyosaurus platyodon* näher stehenden Arten die Schwanzflosse wahrscheinlich länger war. Damit stimmt auch das überein, dass bei der Species *Ichth. communis* vorzugsweise die Schwanzwirbelverrenkung mehr oder weniger bemerkt wird, was seinerseits wieder noch mehr die Annahme einer wahrscheinlichen Verschiedenheit zweier Hauptarten dieser Thiere, d. h. eine mit langer, die andere mit breiter Flosse, aufdrängt. Die äussere Hülle der Ichthyosauren war, so viel jetzt bekannt ist, weder mit festen Hornplatten, noch mit harten Knochenschildern bedeckt. Den am besten erhaltenen Ueberrest einer solchen Hülle stellt die Flosse auf Taf. 9, Fig. 12 dar.

M. S. Charring Pearce (vergl. anat. and mag. nat. hist. janv. 1846. Bibl. univ. 1846. Arch. Tom. I, p. 232) bemerkt, dass in einem Ichthyosaurus ein kleines Thier derselben Art gefunden wurde und schliesst daraus, dass die Ichthyosauren lebende Jungen zur Welt brachten, *vivipares* waren. Obgleich mehr den höher organisirten Thieren zukommt, lebende Jungen zu gebären, und die Ichthyosauren als sehr gefrässige Thiere, die dabei, wie erwähnt, einen weiten Rachen hatten, auch kleinere Thiere ihrer Art leicht heil ver-

schlingen konnten, so haben wir deshalb noch nicht das Recht einer dieser Annahmen den unbedingten Vorzug vor der andern zu geben (vergl. p. 961 *Ichthyos. longirostris* von Dr. J. F. Jäger); es ist aber sehr möglich, dass die Ichthyosauren, gleich den Ruderfüsslern und Fischzitzthieren der Jetztzeit, lebendige Jungen zur Welt brachten und dieselben säugten.

Die **Vorderflossen** waren beim grössten Theile der uns bekannten Ichthyosauren bedeutend grösser, als die Hinterflossen, daher waren bei dem gleichzeitigen Vorhandensein eines starken Schwanzes, die Hinterflossen im Vergleich zu den Vorderflossen bei der Bewegung nach vorn fast machtlos. Die allgemeine Bildung der Flossen aber, ohne die einzelnen, gleichförmige Platten darstellenden Zehen zu berücksichtigen. Taf. 9, Fig. 13, zeigt, dass die Ichthyosauren eigentlich Wassereidechsen waren und nicht einmal so lange, wie die Seehunde am Ufer kriechen konnten und wenn sie irgend wie aufs Trockne geriethen, dort, wie der Glattwall und Delphin, unbeweglich und hilflos liegen blieben.

Die dünnen Rippen der Ichthyosauren deuten auch darauf hin, dass sie wenig geeignet waren auf dem Trocknen zu leben, denn ihre Rippen gleichen in der That mehr den Fischgräten, als den Rippen anderer Eidechsen. Daher nehmen auch in dieser Hinsicht die Ichthyosauren die Mitte zwischen Fischen und Eidechsen ein.

Die bewegliche Verbindung der Rippen mit den Wirbeln und die Verbindung der untern Enden der Rippen mit einander durch knorplige Knochen (da ihre Verknöcherung im ganzen Skelet wahrscheinlich am spätesten vor sich ging) stellt einen Körperbau dar, der wahrscheinlich den Zweck hatte, dem Brustkasten durch Erweiterung die Möglichkeit zu bieten, eine grosse Luftquantität aufzunehmen, dem Thiere aber längere Zeit unter dem Wasser zu bleiben, ohne gezwungen zu sein zum Athemholen aufzutauchen. Die Brustrippen-Bogen bildeten wahrscheinlich einen Theil des die Luft vor dem Untertauchen im Innern der Lungen condensirenden Apparats. Die intervertebralen Conus waren mit einer weichen Knorpelmasse, welche zur Gelenkverbindung diente, ausgefüllt, ihre Gelenkflächen aber behielten, der Bewegung der Flossen entsprechend, an der ganzen Wirbelsäule die zu den Bewegungen nöthige volle Unabhängigkeit und die Wirbel, trotz ihrer unzweifelhaften Aehnlichkeit mit den Wirbelkörpern der Haifische, unterscheiden sich gleichwohl von denselben dadurch, dass die Seitenfläche ihrer (der Ichthyosauren) Wirbelkörper glatt und eben ist und nur schwache Concavitäten zur Gelenkverbindung mit den Seiten der Bogen des Rückenmarkcanals oder der Dornfortsätze (Neurapophysen) hat. Was aber die Concavitäten zur Verbindung mit den Rippen betrifft, so sind dieselben immer auf einen oder 2 Knorren, welche an jeder Seite der Wirbelkörper liegen, vertheilt und ein Paar solcher Knorren ist genügend, um den Wirbel eines Ichthyosaurus von dem doppelt concaven Wirbel irgend eines Fisches zu unterscheiden.

Die **Nahrung** dieser Thiere, wie aller *Sauropterygia*, war hauptsächlich animaler Art. Dr. W. Buckland erläutert, dass die Untersuchung der Coprolithen nicht nur eine spirale Richtung des Darmcanals bei den Ichthyosauren, sondern auch die Zweckmässigkeit der-

selben in Hinsicht auf Raumersparniss beweist. Dabei weist diese Untersuchung auch auf die Gestalt der feinsten Gefässe und kleinsten Falten der Schleimhaut, welche die innere Fläche der Gedärme auskleidete, hin. Die Spuren derselben bestehen nämlich aus einer Reihe Streifen und Gefässabdrücke, welche die Oberfläche der Coprolithen durchfurchen und auf derselben nicht anders, als während des Durchgangs der Coprolithen durch den Enddarm, welcher eine Spiralklappe hatte, abgedrückt werden konnten.

Die Abtheilung dieser Thiere, *Ordnung Ichthyopterygia R. Owen*, welche die Gattung *Ichthyosaurus König* oder *Proteosaurus Home* oder *Gryphus Wagler* Taf. 17 umfasst, enthält viele Species, welche hauptsächlich nach der Gestalt ihrer Zähne und dem Bau ihrer Flossen unterschieden werden und zwar namentlich folgende:

1. *Ichthyosaurus atavus Quenstedt* aus dem Wellendolomit, Muschelkalklage der Triasformation im Schwarzwalde.

2. *Ichthyosaurus platyodon de la Beche* und *Conybeare* (*Ichthyosaurus chiroligostinus Hawkins*) aus dem Lias in Lyme-Regis.

3. *Ichthyosaurus trigonodon Theodori* aus dem Lias in Banz.

4. *Ichthyosaurus lonchiodon Owen* aus dem Lias in Lyme-Regis.

5. *Ichthyosaurus ingens Theodori* aus dem Lias in Banz.

6. *Ichthyosaurus tenuirostris de la Beche* und *Conybeare* (*Ichth. chirostronqulostinus Hawkins*) aus dem Lias in Lyme-Regis.

7. *Ichthyosaurus sinuatus Theodori* var. tenuirostris aus dem Lias in Banz.

8. *Ichthyosaurus acutirostris Owen* aus dem Lias in Whitby.

9. *Ichthyos. hexagonus Theodori* aus dem Lias in Banz.

10. *Ichth. planartus Theodori* ibidem.

11. *Ichth. crassicostatus Theodori* ibid.

12. *Ichth. longirostris Jäger* aus dem Lias in Würtemberg.

13. *Ichth. communis de la Beche* und *Conybeare* (*Ichth. chiropolyostinus Hawk.*) aus dem Lias in Lyme-Regis.

14. *Ichth. intermedius de la Beche* und *Conyb.* (*Ichth. chiroparamecostinus Hawkins*) aus dem Lias in Lyme-Regis.

15. *Ichth. macrophthalmus Theodori* aus dem Lias in Banz.

16. *Ichth. integer Bronn* aus dem Lias in Boll.

17. *Ichth. coniformis Harlan* aus dem Lias?

18. *Ichth. latifrons König* aus dem Lias in Lyme-Regis.

19. *Ichth. latimanus Owen* aus dem Lias in Bristol.

20. *Ichth. compylodon Carter* aus der untern Kreideschicht in Kent, dem grünen Sandstein in Cambridge und dem Sewerschen Osteolith des europ. Russlands.

21. *Ichth. posthumus Wagner* aus den Solenhofenschen Schiefer, d. h. dem obersten Gliede der deutschen weissen Jura.

22. *Ichth. Strombecki Meyer* aus dem hannoverschen grünen Sandsteine (d. h. der untersten Lage der Kreideformation).

23. *Ichth. trigonus Owen* aus dem mittlern Jura in Kelloway.

24. *Ichth. thyreospondylus Owen* aus dem Lias in Bristol.

25. *Ichth. leptospondylus Wagner?* aus dem lithographischen Schiefer des weissen Jura in Eichstedt in Baiern.

Bei der äussersten Hartnäckigkeit kann man nicht umhin damit übereinzustimmen, dass die Unterschiede vieler der hier genannten Species der Ichthyosauren (und es giebt bedeutend mehre, als wir genannt haben) sehr schwankend und nicht genügend bezeichnend sind.

Schon der geringe Raum, auf dem die Ueberreste dieser Thiere vorwaltend gefunden werden, nämlich ausschliesslich in der nördlichen Hemisphäre und zwar zwischen dem 48. und 52. Breitengrade, d. h. auf der geringen Strecke der Jura-Meere in England und Deutschland, spricht gegen die Zweckmässigkeit einer Vermehrung der Species dieser gefrässigen Raubthiere, welche ihre eignen schwächern Stammverwandten verschlangen. Ein solcher Zweifel wird noch mehr bestärkt, wenn wir die Verbreitung der Ichthyosauren mit der Verbreitung der jetzt lebenden Crocodile, Alligatoren und Gawiale (vergl. Dr. A. Strauch Synopsis der gegenwärtig lebenden Crocodiliden) vergleichen. Daraus folgt, dass die bemerkten Verschiedenheiten nicht sowohl Unterschiede der Arten der Ichthyosauren bezeichnen, als vielmehr nur Unterschiede oder Eigenthümlichkeiten, welche vorzugsweise von dem Alter der Individuen abhängen, was, wie wir weiterhin sehen werden, nur durch eine positive microscopische Untersuchung der Zähne und Knochen constatirt werden kann. Was hingegen die äussern Formen allein betrifft, so fragt es sich, ob zu einer gewissen Bestimmung derselben es nicht nützlich sein würde, auch gegenwärtig noch die Theilung der Ordnung *Ichthyopterygia* Owen Taf. 17 in 2 Gruppen nämlich in: *A.*, langflossige Ichthyosauren, *Ichth. longipinnipedes* Fig. 1. und *B.* breitflossige Ichthyosauren, *Ichth. latipinnipedes* Fig. 2 anzunehmen.

A. Unter der ersten dieser beiden Gruppen der Ichthyosauren, der der *Ichth. longipinnipedes* verstehen wir diejenige, welche in allen Theilen mehr lange Formen darbietet, welche dem Thiere leichte und rasche Bewegungen ermöglichten und dasselbe bei den andauernden Ortsveränderungen während Verfolgung seiner Beute unermüdlich machten.

Diese Gruppe nimmt, nach meiner Meinung, unter den Ichthyosauren dieselbe Stelle ein, wie der Furchenwall unter den fischfressenden Cetaceen (*ichthyophaga cet.*). Diese Ichthyosaurus-Gruppe wird gekennzeichnet durch ihre mehr verlängerten Kiefer. Die Vorder- und Hinterflossen sind länger und einander an Grösse mehr gleich. In den vordern Reihen befindet sich immer eine gewisse Menge kleiner Knochen, mit Ausschnitten versehn, welche zur Befestigung der Haut der äussern Flossentegumente dienten. Der Beckengürtel weist eine dem Brustgürtel mehr gleichkommende Entwicklung auf. Wir nehmen auch an, dass die Thiere dieser Gruppe der Ichthyosauren eine Schwanzflosse hatten, welche verhält-

nissmässig länger und schmäler, als bei den Ichthyosauren der breitflossigen Gruppe war.

In der Gruppe der langflossigen Ichthyosauren unterscheiden wir 2 Abtheilungen: *a, Ichthyosauri platyodontes* und *à, Ichthyosauri tenuirostres.*

Die 1. Abtheilung, die *Ichth. platyodontes*, enthält die grössten Thiere der uns bekannten Ichthyosaurus-Gruppe; sie erreichten nämlich eine Grösse, die 30 englische Fuss überstieg. Ihr Hauptkennzeichen besteht darin, dass die Kronen ihrer Zähne eine zusammengedrückte, bald flache, bald dreikantige Form haben und mehr oder weniger deutlich, wenn auch flach gerippt sind.

Die 2. Abtheilung, *Ichthyosauri tenuirostres*, enthält Thiere von bei weitem geringerer Grösse und sogar die kleinsten Thiere mit kleinen Zähnen, deren Kronen rund-conisch sind und mit zartem, manchmal wellenartig geripptem Schmelze bedeckt sind.

Zu der 1. Abtheilung, den *Ichth. platyodontes*, rechnen wir folgende der oben erwähnten Species: *I. platyodon, I. trigonodon, I. lonchiodon* und, nach der Grösse zu urtheilen, einstweilen auch *I. ingens.*

Zu der 2. Abtheilung, den *Ichth. tenuirostres*, rechnen wir: *I. tenuirostris, I. sinuatus, I. acutirostris, I. hexagonus, I. planartus, I. crassicostatus, I. longirostris.*

B. Die 2. Gruppe, *Ichthyosauri latipinnipedes* bilden, unserer Meinung nach Thiere von kurzen und breiten Formen in allen Theilen, welche ihnen ein schwerfälliges Aussehn geben mussten.

Die Thiere dieser Gruppe charakterisirten: eine kürzere Schnauze, kurze und breite Vorder- und Hinterflossen, wobei die Hinterflossen bedeutend kleiner, als die Vorderflossen waren, an den Knochen der vordern Zehenreihen der Vorderflossen aber keine deutlichen Ausschnitte zu bemerken sind. Dagegen ist die Zahl der Zehenknochenreihen grösser, als bei den Thieren der langflossigen Gruppe. Der Brustgürtel ist stärker entwickelt, als der Beckengürtel, welcher dem Anscheine nach schwächer war. Die Grösse der Augen war im Verhältniss zur Grösse des Kopfes eine geringere. Dann sind wir der Meinung, dass die Thiere dieser Gruppe eine Schwanzflosse von verhältnissmässig geringerer Länge, aber grösserer Breite hatten.

In der Gruppe der breitflossigen Ichthyosauren unterscheiden wir ebenfalls 2 Abtheilungen: *Ichth. communes* und *Ichth. compylodontes.*

Die erste dieser Abtheilungen, *b*, die *Ichth. communes* wird charakterisirt durch kürzere Schnauze, dickere Kieferknochen, Zähne von mittlerer Grösse, die runde, conische, deutlich, doch nicht scharf gerippte Kronen haben; ihre Wurzeln sind von runder Form, gedrungen, mit groben Längesfalten bedeckt.

Die 2. Abtheilung, *b'*, *Ichth. compylodontes* hatten eine längere, der des *Ichth. tenuirostris* ähnliche Schnauze, weniger dicke Kieferknochen, Zähne, die sich durch eine in der Richtung des Kiefers verlängerte Wurzel auszeichnen. Der Querschnitt der Zahnwurzeln variirt von einer viereckigen bis zur länglichen nach Art einer Schlinge zusammengedrückten Contour.

Zur 1. Abtheilung, den *Ichth. communes* rechnen wir folgende Species: *Ichth. communis*, *I. intermedius*, *I. macrophthalmus*, *Ichth. integer*. Wahrscheinlich können zu dieser Gruppe auch die Species: *Ichth. coniformis*, *I. latifrons*, *I. latimanus* und *I. atavus* gerechnet werden.

Zur 2. Abtheilung *b'*, *Ichth. compylodontes* rechnen wir die Species; *I. compylodon*, *I. posthumus*, *I. Strombecki* und *I. leptospondylus*.

Nach dieser Bestimmung bleiben noch die wenig bekannten Arten: *I. trigonus* und *I. thyreospondylus* nach.

Die angegebene Classification zeigt die Möglichkeit von der complicirten Zahl von Species zu 5 oder höchstens 7 überzugehen, welche sich, nach unserer Meinung durch uns bekannte Data, das unbezweifelte Bürgerrecht in der Wissenschaft erworben haben, nämlich: 1. *Ichth. atavus*, 2. *I. compylodon* und von allen aus dem Lias bekannten Species 3. *I. communis*, 4. *I. platyodon*, 5. *I. tenuirostris*, 6. *I. trigonodon*, zu welchen noch 7. der *I. lonchiodon* gerechnet werden kann.

Hierbei muss hinsichtlich des *I. compylodon* noch bemerkt werden, dass diese Species, den Zähnen nach, wenn auch nicht bedeutend, so doch mehr, als mit andern Species, mit dem *I. communis* Aehnlichkeit hat. Aber nach den längern Kieferknochen zu urtheilen, welche von der verlängerten Gestalt der Zahnwurzeln abhängt, musste der Kopf des *I. compylodon* einige Aehnlichkeit mit dem des *I. tenuirostris* haben.

Eine derartige Zusammenstellung der Aehnlichkeit und des Unterschiedes kann als passender Unterschied angenommen werden, um die Species *I. compylodon* Carter als besondere abzutheilen.

Der *I. Strombecki* Meyer wurde im Eisenstein der untern Kreideformation in Hannover, Lüneburg, unweit Gross-Döhren von Dr. Strombeck entdeckt, von Herm v. Meyer aber mit diesem Namen belegt (vergl. Palaeontogr. Band X, p. 83 und 86, Taf. XI).

Nach Dr. Strombeck's Beobachtungen entspricht die Schicht des Lüneburger Eisensteins dem untern Grünsand in England und den untern Schichten des Terrain aptien des Professor's Orbigny und folglich unserm Sewer'schen Osteolith oder Sandstein.

Dieser Eisenstein in Lüneburg liegt auf der Walden-Formation, was selbstverständlich als sehr wichtiger Hinweis zur Bestimmung der Bildungszeit unseres Sewer'schen Osteoliths dient, wie auch in der Hinsicht, dass der *I. compylodon* für eine charakteristische Species einer solchen Fauna dienen kann.

H. v. Meyer, nachdem er eine eingehende Beschreibung der gefundenen Ueberreste des *I. Strombecki* auf p. 85 gemacht hat, bemerkt, dass der *I. compylodon* zwei Mal so gross war, als der *I. Strombecki* und an den Zähnen des *I. compylodon* ebenfalls manchmal an der Basis der Krone Verdickungen oder Anschwellungen bemerkt werden, dass jedoch solche ringförmige Erhöhungen in keinem Falle für Species-Unterschiede angesehn werden können; dass der *I. compylodon* übrigens, wie es scheint, eine längere Schnauze und eine

verhältnissmässig geringere Anzahl von Zähnen in jedem Kiefer hatte, als der *Ichthyos. Strombecki*.

Wenn wir die von H. v. Meyer angeführten Eigenthümlichkeiten der Zähne des *I. Strombecki* zu Grunde legen und sie mit den Kennzeichen, welche die Zähne eines jungen Ichthyosaurus charakterisiren und die uns durch genaue microscopische Untersuchungen sowohl von Zähnen des Ichthyosaurus, als auch von noch in der Entwicklungsperiode begriffenen Zähnen des *Crocodilus niloticus* klar wurden, zusammenstellen, so kommen wir zu dem Schlusse, dass alle von H. v. Meyer angeführten Merkmale nicht auf Unterschiede der Species des Thieres, sondern auf ein jugendliches Alter hinweisen, nämlich: die gedrängtere Anordnung der Zähne hing von der noch unvollständigen Entwicklung ihrer Wurzeln ab, womit auch die ovale Contour des Zahnwurzel-Querschnitts und die verhältnissmässig grössere Länge der Zahnkrone übereinstimmt, weil die Wurzel noch nicht ihre volle Länge erreicht hatte, was daraus zu sehen ist, dass die Verdickung der Wurzel bis zu der unten geschlossenen Basis geht, dass die innere Zahnhöhle eine geringe Grösse hat, die Rippen des Schmelzes an den Kronen einiger Zähne noch nicht scharf ausgeprägt sind, dass diese Rippen nicht den untern Rand des Schmelzes erreichen und noch nicht durch Dickerwerden des Schmelzes allein, sondern auch durch Beihilfe des Dentins gebildet sind, was wir bei der Bildung junger Zähne des *Crocodilus niloticus* zu sehen Gelegenheit hatten und endlich, dass die Oberfläche der Wurzel noch glatt ist. Selbst die geringe Grösse des *Ichth. Stromlecki* bestätigt unsere Auffassung, um so mehr, als die Zahl der Zähne dem deswegen nicht widerspricht, weil sie nicht so constant ist, vielleicht auch vom Alter abhängt.

Wenn wir die von uns beschriebenen Flossenknochen Taf. 15, Fig. 1, 2, 3 mit den Dimensionen der Bruchstücke des vordern Theils der Schnauze des *Ichth. Strombecki* vergleichen, wird es unmöglich zu bestreiten, dass sie der Grösse nach einander entsprechen und, da diese Knochen auch nach den microscopischen Untersuchungen ihrer Gewebe unzweifelhaft sehr jungen Thieren angehörten, so wird auch von dieser Seite unsere Annahme bestätigt, dass der *Ichthyosaurus Strombecki* keine besondere Species, sondern nur ein junges Individuum der Species *Ichth. compylodon* ist.

In Vol. XI der Palaeontogr. von H. v. Meyer ist auch noch der *Ichth. leptospondylus* Wagner? aus dem lithographischen Schiefer des weissen Jura in Eichstedt in Baiern beschrieben. Dieses Ichthyosaurus-Exemplar ist von geringer Grösse, im Ganzen $4^1/_2$—6′ lang, seine Zähne sind nicht höher, als $4^1/_2$—$8^1/_2$‴. Diese Species wurde ausser in Eichstedt noch in derselben Bodenart in Kellheim und Solenhofen gefunden. Die Zähne dieser Species sind, wie früher erwähnt wurde, klein und waren, wie man meint, in grosser Anzahl im Rachen des Thieres vorhanden. Sie sind etwas gekrümmt und sitzen im Kiefer etwas nach innen. Die Kronen dieser Zähne sind conisch, mit runder Basis, mit festem Schmelz bedeckt, welcher an manchen Zähnen glatt, an andern der Länge nach gerippt, doch erreichen diese Rippen nicht die Spitze der Zahnkrone. Die Zahnwurzel ist glatt, wird nach unten zu dicker, wobei ihre Contour eine mehr ovale Form annimmt. An der Basis ist die Wurzel geschlossen,

im Innern des Zahnes aber bemerkt man eine kleine Höhlung, welche jedoch den Anfang der Zahnkrone erreicht.

Aus dieser Charakteristik, wie aus dem früher Angeführten, kann man, wie es scheint, unzweifelhaft annehmen, dass auch die Species *Ichth. leptospondylus* Wagner? eben so wenig Recht auf Selbstständigkeit hat, wie die Species *I. Strombecki*, vielmehr ein Individuum jugendlichen Alters und zwar wahrscheinlich auch des *Ichth. compylodon* Carter darstellt.

Indem wir hiermit unsere Anschauung von der Species-Bestimmung der Ichthyosauren schliessen, können wir nicht umhin zu bemerken, dass im gegenwärtigen Falle M. I. Geoffroy's Meinung richtig ist, nämlich, dass die Art eines jeden Thieres nach einem Hauptkennzeichen festgestellt wird, daher wäre es gerechtfertigt nur zufolge irgend einer Veränderung dieses Hauptkennzeichens einen Grund zur Speciestheilung zu suchen, welcher Meinung auch M. de Blainville war. Es ist jedoch schwierig diese Regel für Thiere vergangener Perioden als unumstösslich anzunehmen, ja bisweilen deswegen vollkommen unmöglich, weil wir noch zu wenig Kenntniss von ihnen haben. Daraus wird aber evident, wie wichtig richtige Angaben der Grössenverhältnisse der Skelettheile sind; jedoch müssen dieselben nach Messungen an Ueberresten vollständig erwachsener Thiere bestimmt werden, was allein hinreichend unveränderliche Grössenverhältnisse darbieten kann. Da aber bei Bestimmung der normalen Grösse der Thiere einer paläontologischen Species Schwierigkeiten auftreten können, weil uns weder das Alter der Thiere, deren Ueberreste wir habhaft werden, noch die Grössenverhältnisse, welche sie erreichen konnten, bekannt sind, so wird die Bestimmung der Reife der Zahn- und Knochengewebe zum einzigen Mittel, um einer solchen Anforderung zu genügen. Auf Grundlage solcher Data und Andeutungen nehmen wir an, dass bei dem *Ichthyosaurus compylodon* Carter die ganze Länge des Skelets (mit Berücksichtigung der Angaben G. Cuvier's) der 60-maligen Höhe des ersten oder grössten Schwanzwirbels gleich angenommen werden kann, dass die Länge des Kopfes 0,20, die Länge des Rumpfs 0,45, die Länge des Schwanzes 0,35, die Länge einer vordern oder Brustgürtelflosse 0,07, ihre Breite 0,04 der ganzen Länge des Thiers betragen, dass die hintern oder Beckengürtelflossen an Länge und Breite bedeutend geringer, als die Vorderflossen waren und endlich, dass die Normalgrösse dieses Thieres kaum 30 engl. Fuss erreichte.

R. Owen giebt als Hilfscriterium bei der Speciesbestimmung der Ichthyosauren folgende Anweisungen: Bei dem *I. tenuirostris* ist die Länge des Unterkiefers dem wenigstens 14-maligen, bei dem *I. communis* und *I. lonchiodon* dem 11-maligen und bei *I. intermedius* dem 10-maligen Verticaldurchmesser des vordern Schwanzwirbelkörpers gleich; bei dem *I. compylodon*, sagt er, komme das Verhältniss dem bei dem *I. tenuirostris* näher, als jeder andern Species und aller Wahrscheinlichkeit nach könne angenommen werden, dass bei ihm (*I. comp.*) der Unterkiefer 13 Mal länger als der Verticaldurchmesser des ersten Schwanzwirbelkörpers war. Wir berechnen das Verhältniss zwischen 11 und 13. Indem wir in unserer Auffassung weiter gehen, meinen wir, dass mit voller Glaubwürdigkeit ange-

nommen werden kann, dass die Zahl der Zähne in den Oberkiefern auf jeder Seite 40—50 betrug, von denselben befanden sich: 18 in den Kiefer-, 22—32 und sogar 33 in den Zwischenkieferknochen, auf jeder Seite des Unterkiefers 25 — 30 Zähne; dass die ganze Wirbelsäule aus 154 Wirbeln bestand, von welchen 4 Hals-, 45 Rumpf- und 105 Schwanzwirbel waren; dass das Becken zwischen dem 40. und 45. Wirbel lag, dass vom 45.—85. Wirbel die Höhe der Wirbel langsam abnahm, weiter aber zum Ende des Schwanzes, d. h. an den übrigen 69 Wirbeln rascher, dass, wenn eine Schwanzflosse existirte, sie zwischen dem 75. und 85. Wirbel beginnen musste, weil der 75. Wirbel der 30. Schwanzwirbel, in dessen Nähe R. Owen die Schwanzverrenkung fand, war.

Wenn man bei Bestimmung der einzeln aufgefundenen Theile des *Ichth. compylodon* Carter solche Verhältnisse berücksichtigt, dann wird man, nach unserer Ueberzeugung, keine groben Fehler begehen können; zur vollkommen genauen Bestimmung der Verhältnisse muss aber die Auffindung eines ganzen, unversehrten Skelets dieses Thieres und zwar von vollkommen reifem Alter abgewartet werden.

Erklärungen der Abbildungen.

Alle Exemplare der Überreste des *Ichthyosaurus Compylodon* Carter aus dem Sewerschen Osteolith gehören zur Sammlung W. A. Kiprijanoff's die gegenwärtig dem Museum der Akademie d. Wissenschaften angehört.

Tafel I.

Zähne des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Die Abbildungen sind in natürlicher Grösse ausgeführt.

Fig. 1. 2 und 3 *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*. Diese Zähne halte ich nach der Dicke und Höhe ihrer Wurzeln für Zähne des Oberkiefers.

a. Ansicht des Zahnes an seiner äussern Seite, *b*. — von der Seite, *c*. von der innern Seite, d. i. vom Rachen aus, *d*. die Querschnitte der Krone, *e*. des Zahnhalses und *f* der Wurzel; *c*. zeigt eine Vertiefung, entstanden durch Aufsaugung des Knochens der Wurzel in Folge des Drucks des jungen Zahns, welcher sich im innern Winkel der Basis des alten Zahns zu dessen Ersatz entwickelte und emporwuchs.

Die Dimensionen der Zähne sind nur bei einigen Abbildungen angegeben, da sie leicht den Zeichnungen selbst entnommen werden können.

Die Buchstaben haben bei den folgenden Figuren dieser und der 2. Tafel dieselbe Bedeutung.

Fig. 4. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*, ein Vorderzahn aus dem Oberkiefer zeichnet sich durch eine kleinere

Dimension, eine runde, etwas gedrungene und mehr glatte Wurzel und eine schwache an seiner ganzen Länge bemerkbare Biegung aus.

Fig. 5, 6, 7, 8, 9 und 10 *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*. Alle diese Zähne halte ich nach der verhältnissmässig geringen Dicke und grössern Länge ihrer Wurzeln, welche letztere nach der Richtung der Kiefer berechnet wird für Unterkieferzähne.

Tafel II.

Zähne des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Die Abbildungen sind in natürlicher Grösse ausgeführt.

Fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*, ein Zahn, den ich wegen der Länge seiner Wurzel für einen aus dem Unterkiefer halte. Die Dimensionen sind an der Zeichnung angegeben. *s* bezeichnet die innere, mit einer Steinmasse ausgefüllte Zahnhöhle.

Fig. 2. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*. Ein Zahn, den ich seiner Dicke wegen für einen aus dem Oberkiefer halte.

Fig. 3. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Die grösste Zahnkrone in meiner Sammlung von Zähnen des *Ichthyosaurus Compylodon* Carter. Die Dimensionen sind auf der Zeichnung angegeben.

Fig. 4, 5, 6, 7. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*. Wegen der grossen Zartheit der Schmelzdecke, der Unversehrtheit und geringen Höhe der Wurzel (nur ein Zahn hat Fig. 7 *c* die Andeutung einer Vertiefung *o*) halte ich diese Zähne für junge oder neu emporgewachsene d. i. für s. g. Ersatzzähne. Der Zahn Fig. 4 ist ein Muster eines vollkommen jungen Zahnes, dessen Wurzel noch nicht vollständig ausgebildet ist.

Fig. 8. *a* und *b* stellt einen Zahn aus dem Unterkiefer und zwar aus dessen vorderm Theile mit einem Bruchstück des Zahnbeins 32 dar; *al*[s] bezeichnet die innern Wände der Zahnhöhlen.

Fig. 9, 10, 11. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*, die schmalsten Zähne aus meiner Sammlung von Zähnen des *Ichthyosaurus Compylodon Carter*, zeigen im Verhältniss zu den übrigen Zähnen die grösste Compression im Querdurchmesser.

Fig. 12 und 13. Zahnkronen derselben Art, nur von bedeutender Grösse.

Fig. 14. *a* und *b*. Die erste Abbildung *a* giebt eine Ansicht der entfalteten, conischen, mit Schmelz überzogenen Oberfläche der Krone und eines Theils des Zahnhalses bei vierfacher Vergrösserung.

Fig. 14. *b* zeigt die 10-fach vergrösserten Unebenheiten der Schmelzrippen einer Zahnkrone.

Tafel III.

Untersuchung der Zahngewebe des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1 stellt den vollen Schnitt eines mittlern Oberkieferzahns nach der zur Längenaxe der Kiefer verticalen und queren Fläche in natürlicher Grösse dar.

Fig. 1, *a*, denselben Schnitt aber mit 4 Mal vergrösserter ($^4/_1$) Contour und $^{95}/_1$-maliger Vergrösserung bei Untersuchung der Gewebe.

Fig. 2 und 2 *a* stellen gleichfalls den vollen Schnitt eines Unterkieferzahns nach einer zur Kieferlänge verticalen Fläche in natürlicher und 4-fach vergrösserter Dimension, bei Abbildung der Gewebe bei $^{95}/_1$-facher Vergrösserung dar.

Fig. 2 *b* stellt bei $^{140}/_1$-facher Vergrösserung den Uebergang des harten Dentins in Knochendentin oder Cement, mit den Knochenzellen und den Knochen- oder Cement-Röhrchen, welche aus dem Knochendentin ins harte Dentin übergehn, dar.

Fig. 3 und 3 *a* stellen, wie die frühern Abbildungen den Schnitt eines mehr hintern (als der Fig. 1) Oberkieferzahns nach seiner verticalen und queren Fläche bei denselben Vergrösserungen dar.

An diesen Abbildungen bedeutet: *a* Pulphöhle, *b* Dentin, *c* Schmelz, *d* Cement, *d'* die äusserst feine den Schmelz der Krone bedeckende Cement-Schicht, *d''* die schwächere Cementmasse, Osteodentin, *mb* die Schichtung des Dentins, *bd* den Uebergang des Dentins in Cement, *t* die Knochen- oder Cementröhrchen oder Canälchen, *tu* die Zahn- oder Dentincanälchen, *vn* die Nutritivcanäle oder Gefässe, *lk* Knochenzellen, *m* Medullarhöhlen und *fr* das Foramen zur letzten oder schliesslichen Ernährungdes Zahns dar.

Fig. 4 stellt einen Theil eines Längenschnitts einer Zahnkrone bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung dar. Hier sieht man, wie die Canälchen *tu* in die Tubae calciferae *tc* übergehn, die Globularräume *lk'* in den Zwischenräumen zwischen Dentin und Schmelz und *zz* die queren Ausläufer der Canälchen *tu*.

Fig 4, a. Ein Theil des Zahnkronen-Querschnitts des *Ichthyosaurus Compylodon* Carter bei $^{400}/_{1}$-facher Vergrösserung der Gewebe, wobei die Buchstaben dasselbe bedeuten, wie an den vorher gehenden Abbildungen, nur *ss* Längenrisse an der Höhe der Krone.

An dieser Zeichnung, wie an Fig. 4 bezeichnen die № 5, 6, 7, 8, 9 und 10 die Schnittflächen der folgenden Abbildungen.

Fig. 5, 6, 7, 8, 9 und 10 stellen in Beziehung zur Höhe verticale Schnittflächen einer Zahnkrone des *Ichthyosaurus Compylodon* Carter dar, die von der äussern Fläche der Krone beginnen und sich mehr und mehr durch den Schmelz *c* in das Dentin *b* vertiefen, wie solches an Fig 4 und 4 *a* durch dieselben Zahlen angegeben ist. Dabei sind die Streifen № 5, 6, 7 des Schnittes von einander auf die Breite der Risse *ss* bei entsprechender Vergrösserung ihrer Breite entfert. Die feinen, auf den Streifen selbst angegebenen Längenrisse entsprechen den auf dem Querschnitt Taf. 4 *a* angegebenen schmalen Rissen, welche, feiner werdend, von der Peripherie der Zahnkrone in das Innere ihres Körpers gehen, und *s's'* sind Querrisse im Schmelz.

Die Nummer 4 *a*, rechts unten in der Ecke, ist auf der Tafel ausgelassen.

Tafel IV.

Untersuchung der Zahngewebe des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9. Die erste dieser Abbildungen giebt eine Ansicht eines Zahnes von seiner innern Seite, d. h. vom Rachen aus. Derselbe ist ein Oberkieferzahn, bei $^{2}/_{1}$-maliger Vergrösserung abgebildet, mit den zu ihm gehörenden Querschnitten, welche seiner Länge nach, an den mit obigen Zahlen bezeichneten Puncten entnommen sind. *o* bezeichnet eine durch den Ersatzzahn hervorgebrachte Vertiefung, *o* und *o'* Vertiefungen in der Dentinschicht. Die innere Zahnhöhle erscheint an den Querschnitten 5, 6 und 8 mit Osteodentin *d''* angefüllt.

Fig. 10 stellt $^{200}/_{1}$- vergrössert die Contouren und $^{600}/_{1}$-fach vergrösserten Gewebe zweier Längenrippchen aus dem 5. Querschnitte des Zahnes dar und man sieht an denselben: das harte Dentin *b* mit seinem Uebergange in den Schmelz *c* und bedeckt von der denselben umgebenden Schicht *d'*. *ts* zeigt die Ausläufer der Risse *s* an, welche in der Gestalt kurzer, aber mehr oder weniger dicker Wurzeln in die Dentinmasse eindringen.

Fig. 11. Ein Theil des Querschnitts der Zahnwurzel aus dem 8. Schnitt bei $^{110}/_{1}$-maliger Vergrösserung. Hier ist der Uebergang des Dentins *b* einerseits in Cement *d* und andrerseits in Osteodentin *d''* zu sehen. Alle übrigen Buchstaben haben die frühern Bedeutungen.

Tafel V.

Untersuchung der Zahngewebe des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1 und 2 Theile des Querschnitts eines jungen Zahns des *Ichthyos. Comp.* Carter (Taf. 2, Fig. 4 und Taf. 15, Fig. 4), welche bei $^{900}/_{1}$-facher Vergrösserung sowohl die Bildung des Schmelzes aus schwachem Knorpelcement, als auch das Verhältniss des Schmelzes zum Gewebe des schwachen Cements auf der Strecke des die Grenze zwischen Krone und Hals des Zahnes bildenden Streifens erklären.

Fig. 3. Theil des Querschnitts desselben Zahnes bei $^{900}/_{1}$-facher Vergrösserung, zeigt sowohl die Structur des Schmelzes und dessen Verbindung mit dem Dentin in der Querschnittfläche, als auch den Querschnitt der nach der Höhe des Zahnes gehenden Längenrisse *s*, welche die Schmelzrippen der Krone von einander scheiden.

Fig. 4. Theil eines Längenschnitts einer Zahnwurzel bei $^{900}/_{1}$-maliger Vergrösserung, zeigt die unmittelbare Verbindung des Dentingewebes mit dem Gewebe des verknöcherten Cements.

Tafel VI.

Kopfknochen des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1 und 2 *A. B.* Zwischenkieferknochen (*os intermaxillaire* Cuvier, *Premaxillary* (22) Owen) der rechten Seite in $^{1}/_{2}$ natürlicher Grösse.

A Ansicht der innern —, *B* der äussern Seite und *C* Querschnitt am hintern Ende, in natürlicher Grösse mit durch Puncte bezeichneter Ergänzung.

Fig. 3 *A, B, C, D* und *E.* Zwischenkieferbein der linken Seite. *A, B* und *C* haben die frühere Bedeutung. *D* Profil des Knochens von seinem obern Rande *ss* an. *E* Ansicht des Gewebes durch eine Lupe bei $^{10}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Alle Bezeichnungen an diesen Abbildungen entsprechen den Bezeichnungen der von R. Owen gelieferten Querschnitte des Kopfes des *Ichth. Comp.* Carter (vergl. brit. foss. Rept. Ichth. Pl. 3 Fig. 1 und 2).

Fig. 4 *A, B, C, D* stellt das Zahnstück des Unterkiefers (Dentaire Cuvier, dentary R. Owen (32) *al*^{s}, dar. *A* Ansicht der innern Fläche, an welcher die Zahnvertiefungen (*alveolae*) mit ihren Scheidewänden (*septa*) zu sehen sind. *B* Querschnitt am vordern Ende des Bruchstücks in natürlicher Grösse, *dn* zeigt eine Alveole, *sp* die Scheidewand und *sy* die grade Fläche der Symphysis. Der Querschnitt *C*, am hintern Ende des Bruchstücks entnommen, in natürlicher Grösse dargestellt, *D* zeigt die Structur des Knochengewebes bei $^{10}/_{1}$-maliger Vergrösserung, des Umrisses (Contur) bei 2-maliger Vergrösserung.

Fig. 5 *A, B, D* stellt ein Bruchstück der Brustplatte (*coracoid*) (52)) dar, *A* äussere — *B* innere Ansicht in halber ($^{1}/_{2}$) natürlicher Grösse. *D* Structur des Gewebes bei $^{10}{}_{1}$-maliger Lin.-Vergrösserung.

Tafel VII.

Unterkieferknochen des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1, *A, B* und *C.* Zahnstück des Unterkiefers (Dentaire Cuv., dentary Owen (32)). Vorderes Ende des Knochens der linken Kieferseite *uat*, *a* bedeutet das vordere, *t* das hintere Ende. *A* Ansicht

der innern —, *B* der äussern Seite, in halben ($^1/_2$) natürlicher Grösse, *C* Querschnitt am hintern Ende in natürlicher ($^1/_1$) Grösse.

Fig. 2, *B*, *D*. Mittlerer Theil zum hintern Ende desselben Knochens hin. *a* vorderes, *t* hinteres Ende des Bruchstücks. *B* Ansicht der äussern Seite. *D* von oben in halber ($^1/_2$) natürlicher Grösse. Die Querschnitte 1, 2, 3 und 4 sind an den Puncten, welche auf der in natürlicher Grösse dargestellten Zeichnung *B* angegeben sind, entnommen.

Fig. 3 und 4. *A*, *B*, *C*. Bruchstücke derselben Knochen zum hintern Ende hin, der rechten und linken Kiefer-Seiten: *a* vorderes, *t* hinteres Ende. *A* und *B* dieselben Ansichten wie früher, in $^1/_2$ natürl. Grösse, dazu die Querschnitte *C* und *C* in natürl. Grösse an den vorderen Endpuncten № 2, an Puncten, welche an den Abbildungen *A* und *B* angegeben sind und dem Querschnitt des Knochens Fig. 2 entsprechen, wenn derselbe zwischen den Schnitten № 2 und 1 entnommen wurde. Alle übrigen Zeichen, die auf Fig. 1, 2, 3, 4 angegeben sind, stimmen mit R. Owen's Schnitten des Kopfes des *Ichth. Comp.* Carter und den entsprechenden Theilen an den andern Abbildungen überein.

Fig. 5, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*. Ein Horn des Zungenbeins (*corne de l'os hyoide* Cuv., *Epihyal* Owen(39)) *A* Ansicht der untern, äusseren Seite, *B* im Profil in $^1/_2$ natürl. Grösse, *C* und *D* Querschnitte an Puncten, welche an den Abbildungen *A* und *B* angegeben sind, entnommen, in natürl. Grösse. *E* Structur des Knochens in der Längsrichtung bei $^{10}/_1$-maliger lin. Vergrösserung.

Tafel VIII.

Unterkieferknochen des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1, *A*, *B*. Fig. 2, *A*. Ueberwinkelbein *x.d.w surangulaire* Cuv., *Premandibulary* (29') Owen) der rechten und linken Seite, aber von verschiedenen Unterkiefern, in $^1/_2$ natürl. Grösse. Zu Fig. 1 gehören die Querschnitte № 1, 2, 3, 4, 5 in natürlicher Grösse.

Fig. 3, 4 und 4 *A*. Zwei verschiedene Bruchstücke des Winkelbeins *v.c* (*os angulare* (30) Owen) der linken Seite. Fig. 3 und 4 stellen die äusseren Seiten, und Fig. 4 *A* eine Ansicht dieser Knochen von oben dar. Die Querschnitte 6—12 gehören zu Fig. 4 *A*, der Schnitt № 13 zu den Fig. 3, 4 und 4 *A*, der Schnitt № 14 zur Fig. 3. Alle diese Schnitte sind an den angegebenen Puncten entnommen, in natürlicher Grösse dargestellt.

Fig. 5, *A*, *B*, *C*. Bruchstücke des inneren Gaumenbeins *cb bn* (*operculaire* Cuv., *Splenial* (31) Owen). *A* Ansicht von der Seite der Anlehnung an die andern Knochen. *B* Querschnitt am hintern *C* am vordern Ende des Bruchstücks, in natürlicher Grösse. Alle Zeichen an diesen Abbildungen stimmen mit Owen's Kopfschnitten des *Ichth. Compylodon* Carter und mit den entsprechenden Zeichnungen auf den andern Tafeln überein.

Tafel IX.

Fig. 1, *g*. Kopf eines *Ichthyosaurus Compylodon* Carter in fast $^1/_7$ natürl. Grösse dargestellt. Alle in unserer Sammlung befindlichen Knochen sind illuminirt, die fehlenden nur durch Risse angegeben. Die zu diesem Kopfe gehörendeu Querschnitte sind Fig. 2—9 in zwei Mal so grossem Maasstabe, als die Zeichnung des Kopfes dargestellt.

Von diesen 8 Querschnitten stellen 2, der 8. und 9., die des Ober- und Unterkiefers dar, die übrigen 6 zeigen den Querschnitt nur eines an der Abbildung des Kopfes sichtbaren Unterkieferastes. Die Puncte, an welchen alle diese Querschnitte ausgeführt sind, finden wir an der Abbildung des Kopfes angegeben. Fig. 9 stellt den Querschnitt der Schnauze in der Länge der Symphyse dar, der Schnitt Fig. 8

aber an der Stelle, wo die Nasenbeine mit ihren Vorderenden in den Verbindungswinkel der Intermaxillarknochen sich einfügen. — *nat* bezeichnet das Zahnbein, *xdw* das Ueberwinkelbein, *vc* das Winkelbein, *y* die Stelle des Gelenkbeins, *dbu* das innere Gaumenbein, *zcx* das Supplementbein, *sy* die grade Oberfläche der Symphyse zwischen den beiden vordern Schnitten, d. i. Fig. 8 und 9 dar. Einige Knochen sind mit 2 und 3 Buchstaben bezeichnet, weil dieselben von den Autoren, deren Untersuchungen wir benutzten, durch einen dieser Buchstaben bezeichnet wurden.

Durch diese Verbindung der Buchstaben wünschten wir auf die Restauration des Schädels des Ichthyosaurus durch de la Beche und Conybeare, Hawkins, Buckland, G. Cuvier hinzuweisen wie auch auf die Zeichnungen, welche Owen auf Pl. 3 und 4 part. 5 brit. foss. Rept. Ichth. giebt.

Fig. 10. Knöcherne Platte der Sclerotica des Auges eines *Ichth. platyodon* in $^1/_2$ natürl. Grösse nach W. Buckland und Hawkins (vergl. Pl. 10, Fig. 3, W. Buckland Mineral.).

Fig. 11. Zwei ebensolche Platten vom Auge eines Ichthyosaurus in natürl. Grösse von Bronn (vergl. Taf. III, Fig. 4. H. G. Bronn: Ueber Ichth. N. Jahrb. 1844).

Fig. 12. Eine Copie der Pl. 20 Vol. VI Trans. Geol. Soc. 2 Series, zeigt die eigentliche Form der Flosse des hintern oder Beckengürtels des *Ichth. communis* aus dem Lias bei Barrow on Soar, an deren Knochen ein Theil der Sehnen und einige Spuren von Horntheilen und weicher Haut sich erhalten haben.

Fig. 13. Schematische Abbildung der Anordnung der Knochen in der vordern Flosse des *Ichth. communis* nach Dr. C. Gegenbaur.

Fig. 14. Schnitt zweier Wirbel des *Ichth. Compylodon*, in der Richtung der Wirbelsäule in ihrer natürlichen Entfernung mit Andeutung des Foramen *oo*, durch welches die Chorda spinalis drang, in $^1/_2$ natürlicher Grösse.

Tafel IX a.

a) Exemplar aus der Sammlung Kiprijanoff's. (Abbild. in $^1/_2$ natürl. Grösse).

Fig. 1. Untere (liegende) Seite eines Klumpens aus dem Sewerischen Osteolith, in welchem Unterkiefer- und Kopfknochen des mittlern Theils der Schnauze eines jungen *Ichth. compylodon* Carter enthalten sind.

Fig. 2—4. Querschnitte des Klumpens nach den Linien der Fig. 1.

Fig. 5. Aeussere Ansicht des breiten Endes des Klumpens.

Fig. 6. Mikroskopische Structur des Kiefers in der Längsrichtung, bei $^{95}/_1$-maliger Vergrösserung.

Fig. 7. Dasselbe bei Querrichtung und gleicher Vergrösserung.

Fig. 8. Theil des Querschnitts bei $^{600}/_1$-facher Vergrösserung.

Tafel X.

Untersuchung der Knochen und Zahngewebe.

Fig. 1. *A*, *B*, *C*. Knochengewebe der Zwischen-Kieferbeine in longitudinaler Richtung. *A* bei $^{95}/_1$- *B* bei $^{600}/_1$-facher und *C* bei $^{900}/_1$-facher lin. Vergrösserung.

Fig. 2, *A*, *B*. Gewebe desselben Knochens im Querschnitte, *A* bei $^{95}/_1$- *B* bei $^{600}/_1$-facher Vergrösserung.

Fig. 3. Longitudinaler Schnitt eines ganzen (unversehrten) Zahnes von einem Pottwall (*Physeter macrocephalus*) in $^1/_2$ natürlicher Grösse; *a* innere Höhle, *b* Dentin, *c* Schmelz, *d* Cement.

Fig. 4. Ein Theil desselben (longitudinalen) Schnittes zwischen den auf Fig. 3 angegebenen Linien entnommen bei $^{45}/_{1}$-facher Vergrösserung der Contour und bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung des Gewebes.

Fig. 5. Querschnitt desselben Zahnes nach der Linie *nm*. Fig. 4 und 3 *mb* bedeutet die Schichtung. Die Vergrösserung der Gewebe ist auch eine $^{95}/_{1}$-fache, die der Contour eine $^{45}/_{1}$-fache.

Tafel XI.

Wirbel des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Alle Abbildungen sind in $^{1}/_{2}$ natürlicher Grösse ausgeführt.

Fig. 1, 1 *A*, 1 *B* und 1 *C*. Halswirbel (*vertebrae cervicales*) vom 4. Halswirbel an. *a* Ansicht der vorderen oder zum Kopfe gerichteten Gelenkflächen; *b* Ansicht von oben, zeigt die Gelenkflächen *gg* der Verbindung mit den Dornfortsätzen (*processus spinosi*); *c* Querschnitt eines Wirbelkörpers mit Abbildung der spongiösen Structur ihrer Knochenmasse; *d* und *e* Ansichten des Wirbelkörpers von der Seite, um die, als Gelenkflächen für die Rippen dienenden Erhöhungen *r* und *n* zu zeigen; *s* Basis des Rückenmarkkanals; *p* eine, vozugsweise an den vordern Gelenkflächen bemerkte, Anschwellung; *y* unterer winkliger Rand des Halswirbelkörpers.

Fig. 2, 2 *A*, 2 *B*, 2 *C*, 3, 3 *A* und 3 *B*. Rückenwirbel (*vert. dorsalis*) und zwar sind die Wirbel 2, 2 *A* und 2 *C* höher, d. i. dem Kopfe näher gelegen. 3, 3 *A* und 3 *B* nähern sich mehr den Kreuzwirbeln.

Fig. 4, 4 *A*, 4 *B* und 4 *C*. Kreuz- oder Lendenwirbel (*vert. lumbales*).

Fig. 5, 5 *A*, 5 *B*, 5 *C*, 5 *D*, 5 *E*. Schwanzwirbel (*vert. caudales*). Die Buchstaben auf dieser Tafel haben die frühere Bedeutung.

Tafel XII.

Untersuchung der Knochengewebe der Wirbel des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1. Querschnitt eines Wirbels mit Darstellung der spongiösen Structur des Knochens bei $^{3}/_{1}$-maliger Vergrösserung und bei natürlicher Grösse der Contour des Wirbels.

Fig. 1 *A*. Structur des Gewebes des Wirbelknochens aus dem Querschnitte jedoch bei $^{95}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Fig. 1 *B* idem bei $^{600}/_{1}$ Lin. Vergrösserung.

Fig. 2. Schnitt des Wirbels nach der zur Achse der Wirbelsäule longitudinalen Fläche mit Darstellung der spongiösen Structur des Knochens bei $^{3}/_{1}$ Vergrösserung und bei natürlicher Grösse der Wirbel-Contour.

Fig. 2 *A*. Knochengewebe desselben Schnitts bei $^{95}/_{1}$-facher.

Fig. 2 *B* — bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Fig. 3. Structur des Knochengewebes des Conus des Wirbelkörpers in der Schicht 33. Fig. 2 bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung. Fig. 3 *A* bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Fig. 4. Structur des oberflächlichen Gewebes des Conus des Wirbelkörpers in der Schicht 4. 4. Fig. 2 bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung. Fig. 4 *A* bei $^{800}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Fig. 5. Structur des Knochengewebes aus dem Querschnitte eines Dorn bei $^{95}/_{1}$-maliger Vergr.

Fig. 6. Structur des Knochengewebes bei einem Longitudinalschnitte desselben Dornfortsatzes bei $^{95}/_{1}$-facher Lin.-Vergrösserung.

Tafel XIII.

Untersuchung des Knochengewebes der Knochen des Ichthyosaurus Compylodon Carter.

Fig. 1. Querschnitt des Wirbels eines jüngern Thieres zeigt die Structur des Knochens bei $^{3}/_{1}$-maliger Vergrösserung, bei der natürlichen Grösse der Contour.

Fig. 1 *A* Structur des Knochengewebes aus demselben Querschnitte bei $^{95}/_{1}$-, Fig. 1 *B* bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung. Fig. 1 *C* Knochengewebe der äussern Schicht aus einem Querschnitt Taf. 1 *A* des Wirbels eines jungen Thieres bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Fig. 2. Longitudinalschnitt des Wirbels eines jungen Thieres in der Fläche nach der Längesachse der Wirbelsäule zeigt, bei $^{3}/_{1}$-maliger Vergrösserung, die Structur des Knochens bei natürlicher Grösse der Contour.

Fig. 2 *A*. Knochengewebe aus demselben Schnitte bei $^{95}/_{1}$- und Fig. 2 *B* bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Fig. 3. Querschnitt einer Rippe in natürlicher Grösse.

Fig. 3 *A*. Knochengewebe der Rippe im Querschnitte bei $^{95}/_{1}$-maliger Vergrösserung, aber bei nur 8-maliger der Contour.

Fig. 3 *B*. Dasselbe, aber bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Fig. 4. Structur des Knochengewebes der Rippe in longitudinaler Richtung bei $^{95}/_{1}$-, Fig. 4 *A* bei $^{600}/_{1}$-maliger Vergrösserung.

Tafel XIV.

Flossenknochen des Ichthyosaurus Compylodon Carter aus dem Sewer'schen Ostcolith, in halber ($^{1}/_{2}$) natürlicher Grösse dargestellt.

Fig. 1 *A*. Ansicht des *Humerus* und der *Ulna* der rechten Seite in natürlicher Lage, wobei wir das Thier mit dem Kopfe zum Beobachter gerichtet denken. Der Humerus ist von der Seite in der Lage seiner natürlichen Verbindung mit den Knochen des Brustgürtels zu sehen. Ulna *g*. Gelenkfläche *cd* des Humerus zur Verbindung mit der Brustplatte und dem Schulterblatt. *m* die nach dem Rumpfe des Thieres gerichtete, — *n* die äussere Seite. *f* Gelenkfläche des Radialgelenks.

Fig. 1 *B*. Ansicht der äussern Seiten des Humerus.

Fig. 1 *C*. Ansicht der zum Rumpfe gerichteten Seite *m* des Humerus.

Fig. 1 *D*. Ansicht der Gelenkflächen *g* und *f* zur Verbindung des Humerus mit dem Radius und der Ulna.

Fig. 1 *E*. Ansicht der Ulna von der Seite *S* und

Fig. 1 *F* — von der Seite *s'*.

Fig. 2 Ansicht eines Bruchstücks des untern Endes eines Humerus der linken Seite — das Thier mit dem Kopfe zum Beobachter gerichtet — *m* die zum Rumpfe gerichtete Seite, *n* die äussere Seite. *g* und *f* Gelenkfläche zur Verbindung des Humerus mit Ulna und Radius.

Fig. 3. Ansicht des Radius der rechten Flosse. *A* Ansicht der obern, *B* der untern, *C* der Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Humerus, *D* die zur Verbindung mit dem *carpus E* zur Ulna gerichtete Seite, welche der Seite *s* und *F* die der Seite *s'* entsprechende.

Fig. 3 *D'*. Darstellung der Structur des Gewebes, bei 2-maliger ($^{2}/_{1}$) Vergrösserung, nach der Fläche *nm*. *D''* Structur des Gewebes, bei derselben Vergrösserung, nach der Schnittfläche *op*. Die Zeich-

nungen gehören zu Fig. 3 *D* und die *E'* stellt die Structur des Gewebes, bei derselben Vergrösserung, nach der Fläche *xy* dar und gehört zu Fig. 3 *E*. Die Zeichnungen *D'*, *D''* und *E'* sind bei natürlicher Grösse der Contour dargestellt.

Fig. 4—11 stellen kleine flache Knochen aus den Vorder- und Hinterflossen durch dieselben Buchstaben dar, mit denen an den frühern Zeichnungen die entsprechenden Flächen bezeichnet wurden.

Tafel XV.

Knochen der Flossen und Untersuchung eines jungen Zahns des Ichthyosaurus Compylodon Carter aus dem Sewer'schen Osteolith.

Die Zeichnungen sind in halber ($^1/_2$) natürlicher Grösse ausgeführt.

Fig. 1, 2, 3 *A*, *B*, *C*, *D* stellen Oberschenkelbeine dar und, nach der etwas stärkeren Entwicklung der rechten Seite der Knochen am obern Ende zu urtheilen, nehmen wir an, dass alle diese Oberschenkelbeine der rechten Flosse — das Thier mit dem Kopfe zum Beobachter gerichtet gedacht — gehörten. Daher bezeichnen *ll* die Gelenkflächen derselben mit den Tibien und *mm* mit den Fibulae, *m* die zum Rumpfe gewandte Seite, *n* die freie oder äussere Seite, *i* die Fläche zur Verbindung mit den Beckenknochen.

Fig. 4. Vollständiger Längenschnitt eines jungen Zahnes des *Icht. Comp.* Carter, in Bezug auf die Längenachse des Kiefers nach querer Fläche, bei $^5/_1$-facher Vergrösserung der Contur, $^{95}/_1$-facher Vergrösserung bei Untersuchung der Gewebe.

Fig. 4 *B*. Ein Theil des Querschnitts der Krone bei $^{10}/_1$-facher Vergrösserung der Contur und $^{140}/_1$-facher bei Untersuchung der Gewebe.

Fig. 4 *A*. Ein Theil des Längenschnitts Fig. 4 bei $^{600}/_1$-facher Lin.-Vergrösserung.

Fig. 5. Ein Theil des Querschnitts der Spitze der Zahnkrone eines Pottfisches — zu Taf. X, Fig. 3, 4 und 5 — bei $^{10}/_1$-facher Vergrösserung der Contur und $^{140}/_1$-facher bei Untersuchung der Gewebe.

Die Bedeutung der Buchstaben dieser 3 letzten Figuren — Fig. 4 *B*, Fig. 4 *A* und Fig. 5 ist dieselbe, wie auf Tafel III und IV.

Tafel XVI.

Untersuchung der Knochengewebe des Ichthyosaurus Compylodon Carter aus dem Sewerschen Osteolith.

Fig. 1. Gewebe des *Humerus* bei einem Längenschnitte an der äussern Oberfläche bei $^{95}/_1$-facher Vergrösserung.

Fig. 2. Gewebe desselben im Querschnitte auch an der äussern Oberfläche bei derselben Vergrösserung.

Fig. 3. Gewebe des *Radius* im Schnitte *mn* Taf. XIV Fig. 3 *D* und *D'* bei derselben Vergrösserung.

Fig. 3 *A* Dasselbe Gewebe bei $^{600}/_1$-facher Vergrösserung.

Fig. 4. Gewebe des Radius auf dem Schnitte *xy* Taf. XIV, Fig. 3 *E* und *E'* bei $^{95}/_1$-facher Vergrösserung.

Fig. 5. Gewebe desselben nach *zz* der Fig. 4 bei derselben Vergrösserung.

Fig. 6. Gewebe desselben nach *z'z'* der Fig. 4 bei derselben Vergrösserung.

Fig. 5 *A* und 6 *A*. Dasselbe Gewebe wie Fig. 5 und 6 bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Fig. 7. Querschnitt einer Rippe bei $^{4}/_{1}$-fach vergrössertem Umriss und $^{10}/_{1}$-facher Vergrösserung bei Untersuchung der Gewebe.

Fig. 7 *A*. Längenschnitt der Rippe ebenfalls bei $^{10}/_{1}$-facher Vergrösserung der Gewebe.

Fig. 7 *B*. dasselbe bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Tafel XVII.

Fig. 1. Ein Theil eines Längenschnitts der Zahnwurzel Taf. 3, Fig. 2 um den Uebergang des Dentingewebes in Cementgewebe zu zeigen bei $^{140}/_{1}$-facher Vergrösserung. Hier ist nicht nur die Lagerung der Dentinzellen in Reihen, sondern auch die Convexität dieser Reihen nach oben und die aus diesen Zellen gebildeten Dentincanälchen zu sehen.

Fig. 2. Ein Theil desselben Längenschnitts um den Uebergang des Dentingewebes in Cementgewebe bei vollständigem Vorherrschen des Charakters des Cementgewebes vor dem des Dentingewebes bei $^{140}/_{1}$-facher Vergrösserung zeigen.

Fig. 3. Gewebe eines Unterkieferknochens des Caschlotts (*Physeter macrocephalus*) im Längenschnitte bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung, eine Copie (Pl. XIII, Fig. 9, Vol. 2. Descr. Catal. histol. series p. 179).

Fig. 4. Gewebe desselben Knochens im Querschnitte bei derselben Vergrösserung, auch eine Copie (Pl. XIII, Fig. 7, Vol. 2. Descr. Catal. hist. Series p. 178).

Fig. 5. Bruchstück eines Dornfortsatzes. *A* Ansicht von der Seite, *B* von hinten.

Fig. 6. Microscopische Untersuchung der Gewebe des Knochens Taf. VII Fig. 5. *A* in transversaler Richtung ohne das Objectiv mit Oel zu tränken und *A'* nach einer solchen Tränkung bei $^{95}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Die Studie *B* bietet einen Theil desselben Schnitts aus dem durchölten Objectiv bei $^{600}/_{1}$-facher Vergrösserung.

Tafel XVIII.

Die supponirte Eintheilung der Ordnung *Ichthyopterygia* Owen in 2 Gruppen: *A. Ichthyosauri longipinnipedes* und *B. Ichthyosauri largipinnipedes* und in 4 Untergruppen: *a Ichth. platyodontes*, *a' Ichth. tenuirostres*, *b Ichth. communes* und *b' Ichthyosauri compylodontes*.

Fig. 1. Copie in $^{1}/_{6}$ Grösse der Zeichnung Pl. 3 Mem. of Ichth. and Plesios. Th. Hawkins. Die Zeichnung stellt den *Ichth. chiroligostinus Hawkinsi* (d. i. den wenig knochenhändigen Ichthyos.) oder *Ichth. platyodon* Conybeare und de la Beche (d. i. den Ichth. mit eckigen Zähnen) dar. Das Thier war 24 engl. Fuss lang, das Skelet ist liegend mit dem Rücken nach oben dargestellt, das Fossil wurde im Lias von Lyme Regis entdeckt. Man sieht an den Knochen dieses Exemplares die daran haftenden Ammoniten *a. a. a.*

Fig. 2. Copie von $^{1}/_{3}$ Grösse der Zeichnung Pl. 17. Mem. of Ichth. and Plesios. Th. Hawkins. Die Zeichnung stellt den *Ichth. chiroparamecostinus* Hawk. dar (d. i. den oval-rundknochenhänd.) oder *Ichth. intermedius* de la Beche und Conyb. Das Thier war 7 engl. Fuss lang. Das Skelet ist fast im Profil dargestellt. Es wurde im Liaskalkstein von Walton bei Glostonbary entdeckt.

Zahn des Ichth. platyodon Conyb. *a*, Copie der Pl. 73, Fig. 3. Odont. R. Owen. *b*, Copie Pl. 16, Fig. 7, 8. Band VI. Abh. d. Akad. d. Wissensch. zu München.

Zahn des I. trigonodon Th. Copie Pl. 16, Fig. 3. 4—6 B. VI. Abh. d. Ak. d. Wiss. zu München
Zahn des I. lonchiodon Owen. Copie Pl. 73, Fig. 2. Odont. R. Owen.
Zahn des I. tenuirostris Conyb. Copie Pl. 73, Fig. 5. Odont. R. Owen.
Zahn des I. sinuatus Th. Copie Taf. IV, Fig. 47. a. Beschr. d. *Ichth. trigonodon Theodori.*
Zahn des I. planartus Th. Copie Taf. IV, Fig. 47. h. Beschr. d. *I. trigonodon Th.*
Zahn des I. crassicostatus Th. Copie Taf. IV, Fig. 47. i. B. d. *I. trig. Th.*
Zahn des I. longirostris Jäger. Copie Taf. XXX, Fig. 3. b. Beschr. d. *I. longir. Jäger* 1856.
Zahn des I. communis Conyb. Copie Taf. 73, Fig. 4. Odontography R. Owen.
Zahn des I. intermedius Conyb. Copie Taf. 73, Fig. 1. Odontogr. R. Owen.
Zahn des I. atavus Quenstedt. Copie Taf. VI, Fig. 7. Petrefactenkunde Fr. Aug. Quenstedt.
Zahn des I. compylodon Carter. Copie Pl. 1, Fig. 2. Hist. of brit. foss. Rept. Part. 5 Ichthyos. R. Owen.
Zahn des I. Posthumus Wagner. Copie Taf. XX, Fig. 4. B. VI. Abh. d. Ak. d. W. zu München.
Zahn des I. Strombecki Meyer. Copie Taf. XI, Fig. 1. B. X. Palaeontog. H. v. Meyer.
Zahn des I. leptospondylus Wagner? Copie Taf. 33, Fig. 4. B. XI. Pal. H. v. Meyer.

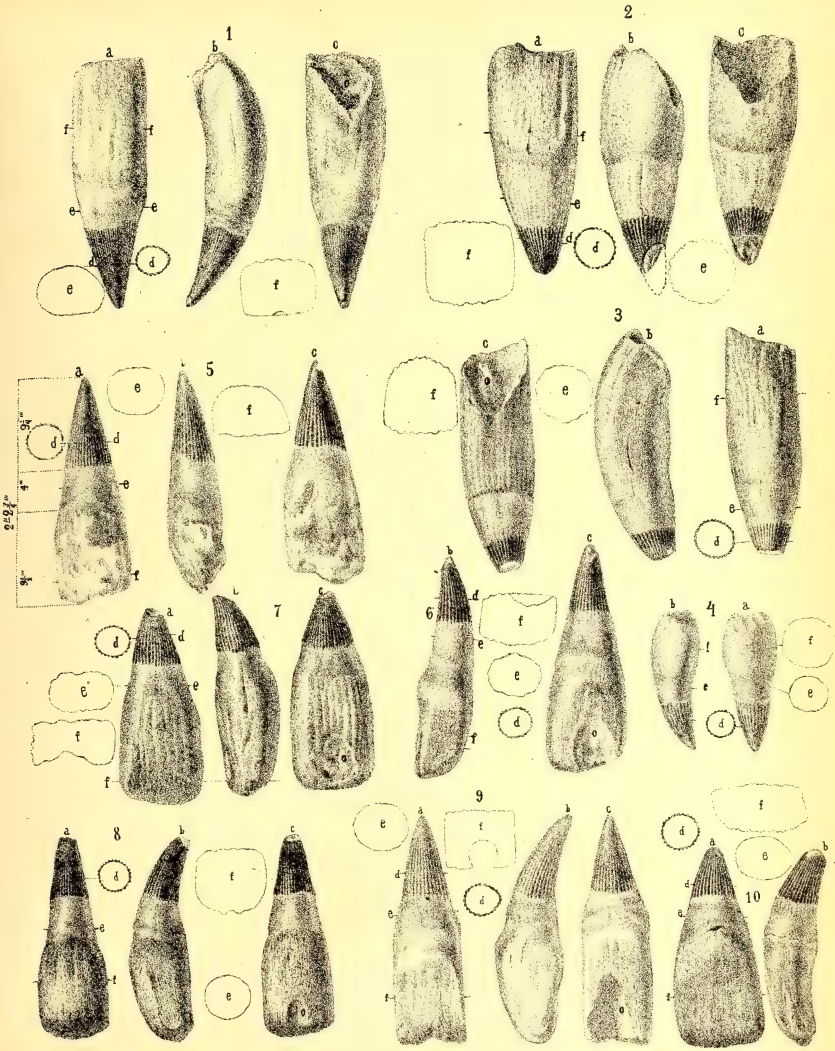
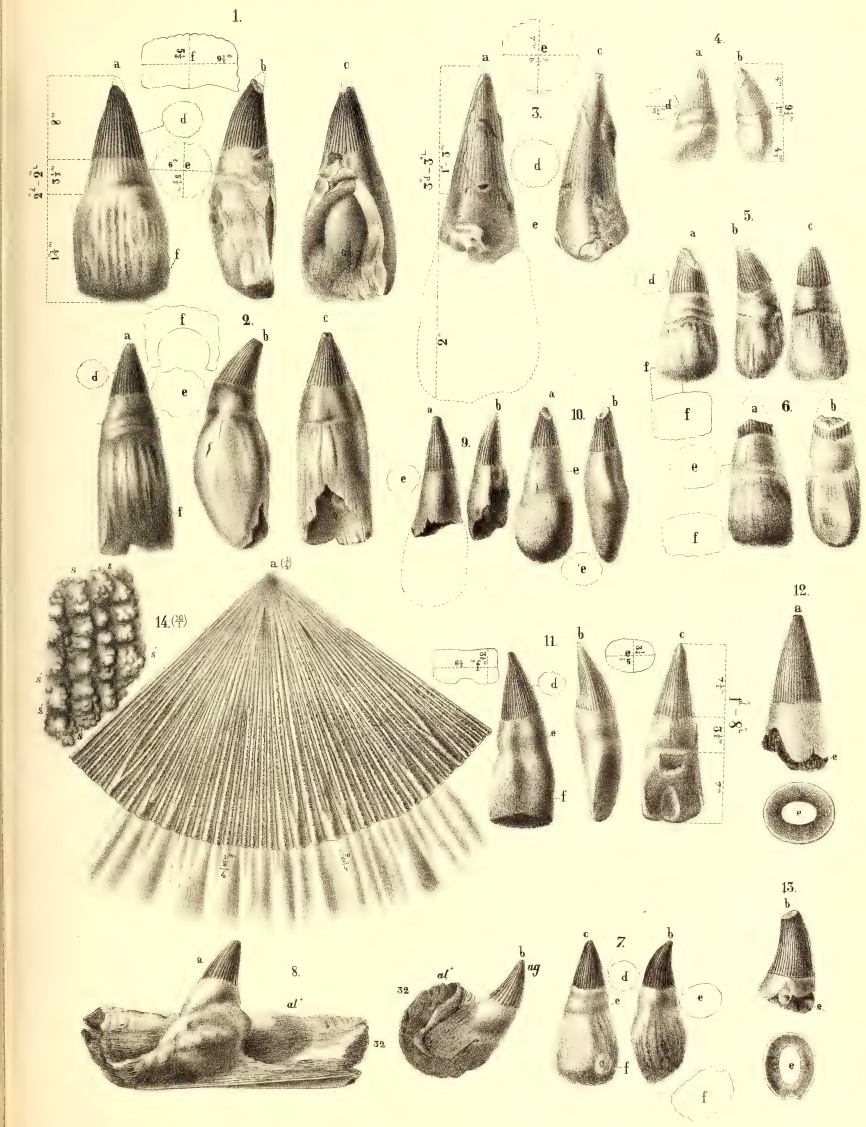


Рис съ натуры и на камнѣ В. Анучевъ.

Литографія А. В. Морозова.



Рисовано кистью В. Ауэрм.

Лит. Казанова. Петерб. ст. большой Пров. № 1. СПБ.

Рис. въ микроскоп. В. Акуевъ.

Лит. Ивансона, въ С.Петербургѣ Больш. Просп. №1.

Рисовалъ и литографировалъ В. Кирпичъ.

Типо-Литография Императорской Академіи Наукъ. 1876.

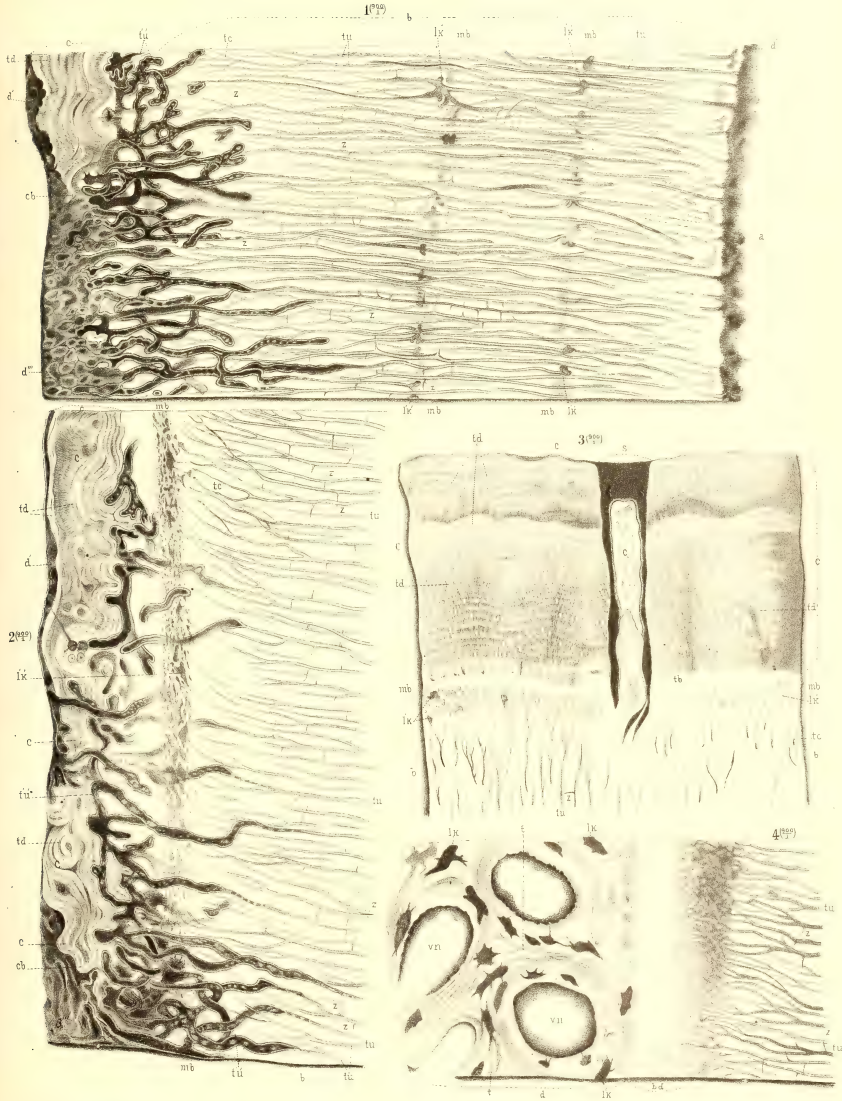


Рис. въ микроскопъ Е. Ачуевъ.

Литографія Э. Ивансона СПБ. больш. Просп. №1

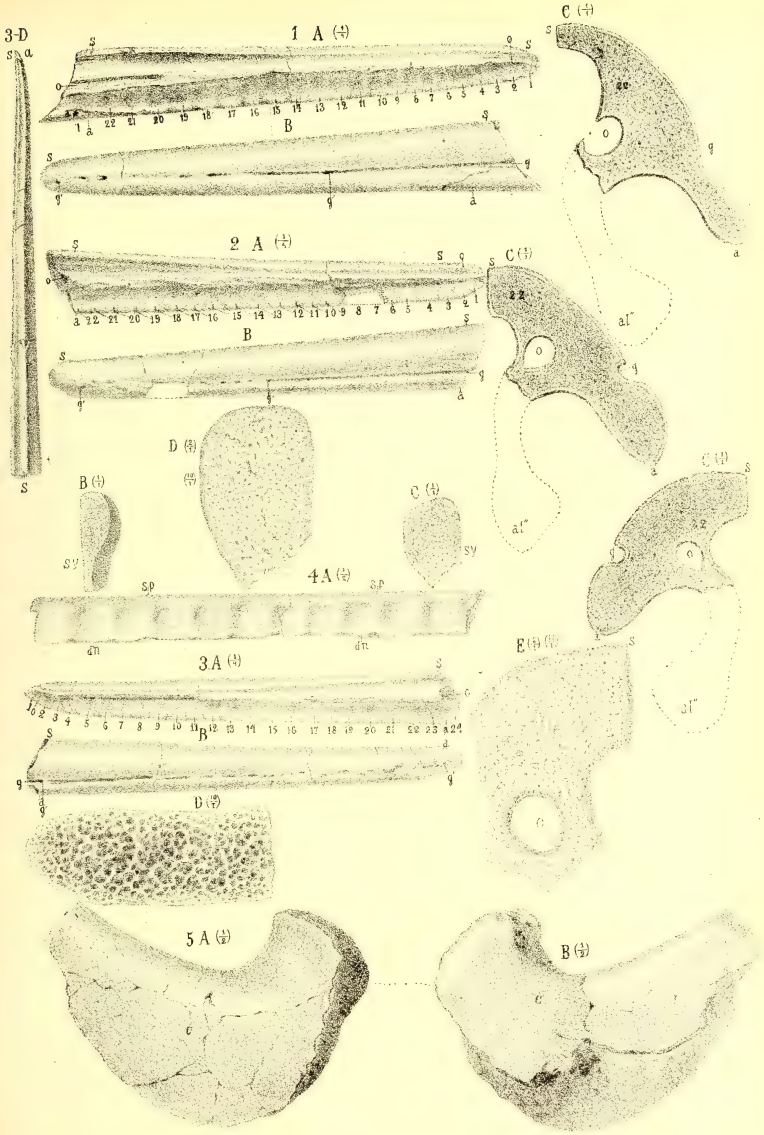
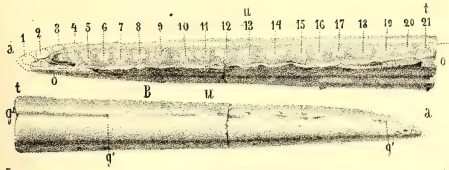


Рис. съ натуры и на камнѣ В. Ауеве

Литография А. В. Кортосова

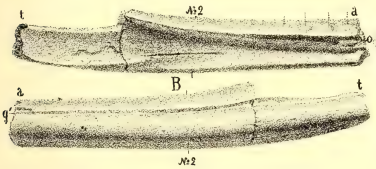
1 A (½)



C (½)

5 D (½) (½)

3 A (½)

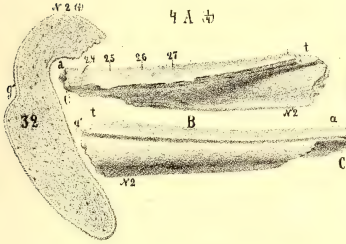


C (½)

№ 2 (½)

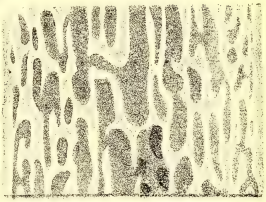
5 C (½)

4 A (½)

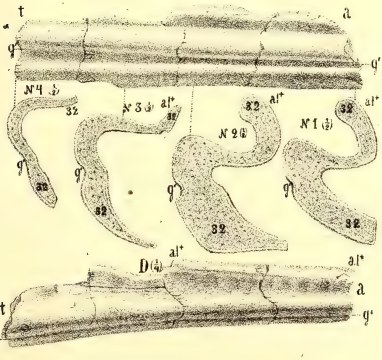


C (½)

5 E (½) (½)



2 B (½)



5 – Z (½)

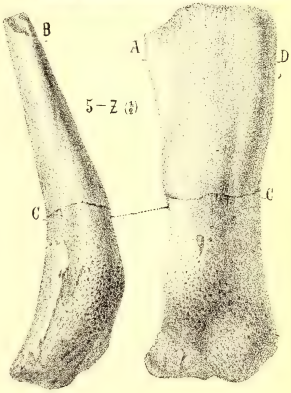
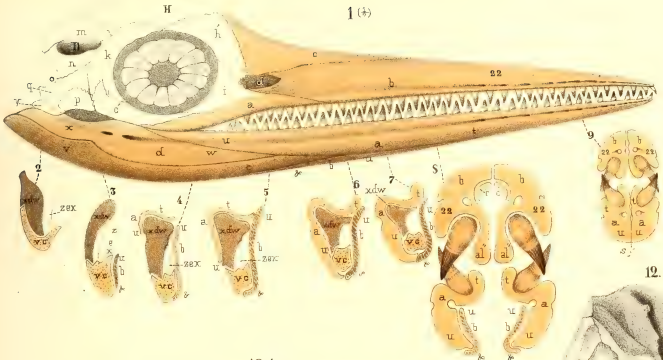
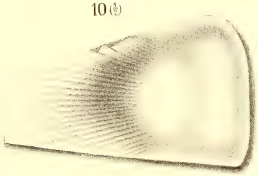
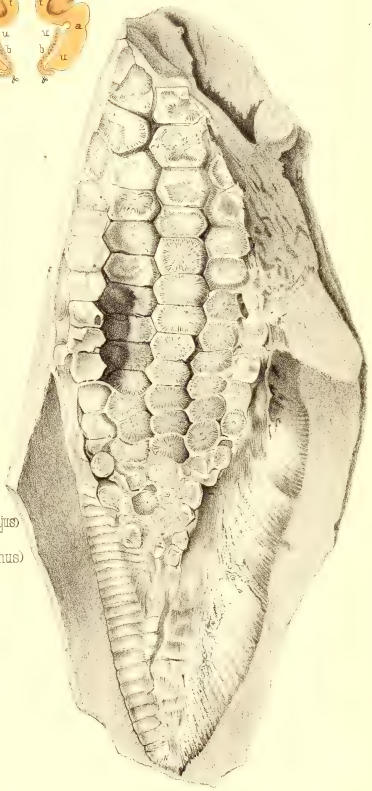
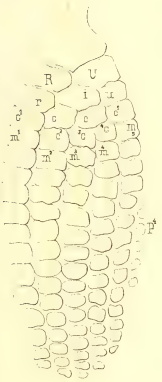


РИС. СЪ НАТУРЫ И НА КАМНѢ В. Ачуевъ. ЛИТОГРАФІЯ А. В. МОРОЗОВА.









H Humerus.
R Radius
U Ulna
r Radiale (Scaphoides)
i Intermedium (Lunatum)
u Unare (Triquetrum, Cuneiforme)
c' Carpale 1 (Trapezium, Multangulum majus)
c² Carpale 2 (Trapezoides, Multangulum minus)
c³ Carpale 3 (Magnum, Capitatum)
c⁴ Carpale 4 } (Uncinatum, Hamatum)
c⁵ Carpale 5 }
m-m⁵ Metacarpus
P¹ Series Unare Supplementare.
C. Centrale.

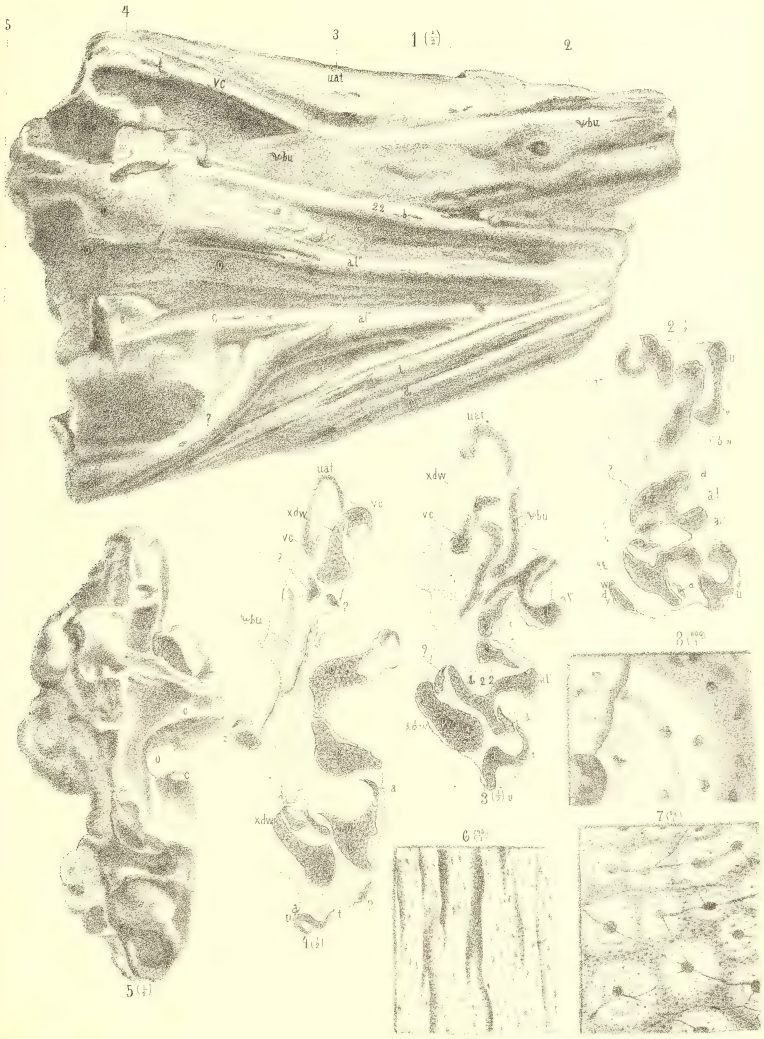
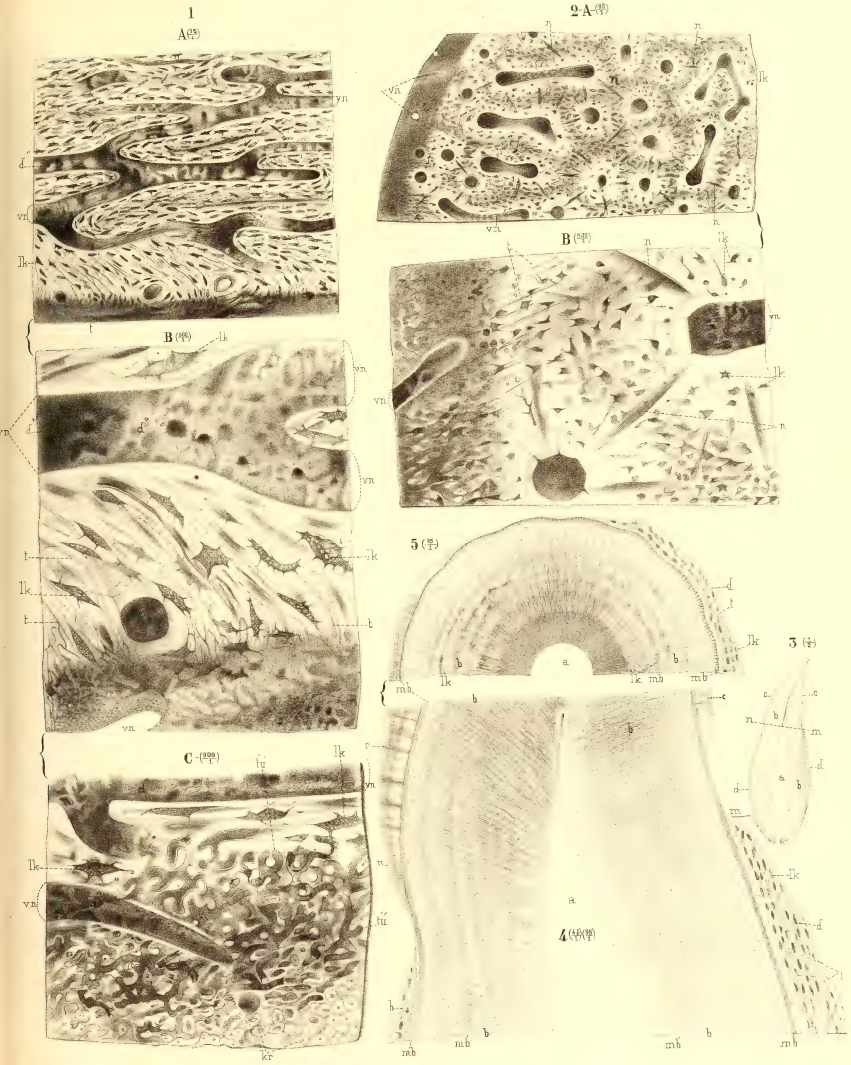
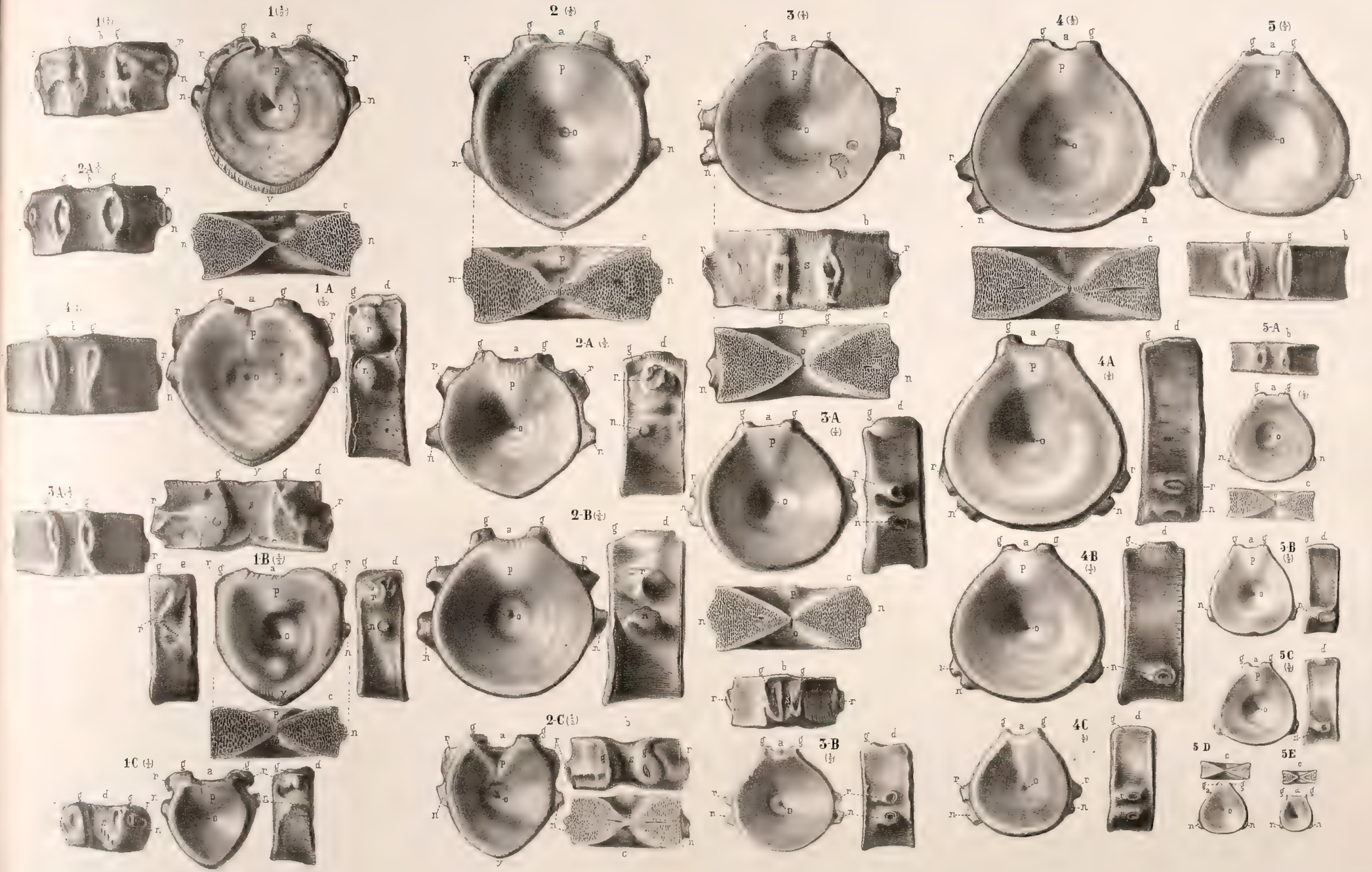


Рис. съ Натуры и на камн. Ачуевъ. Лит. А. В. Кузнецова в. Москвѣ.

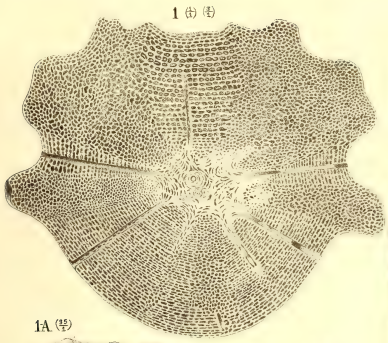


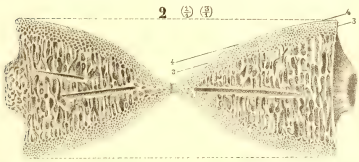
Въ.ъ эйкрогоф. В. Аунеъ.

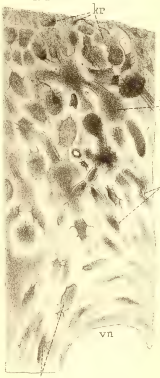
Лит. Инвалид. Печерб. отд. Большой Просп. № 1. СПБ.

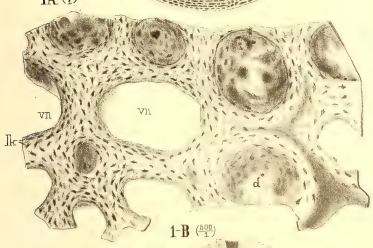


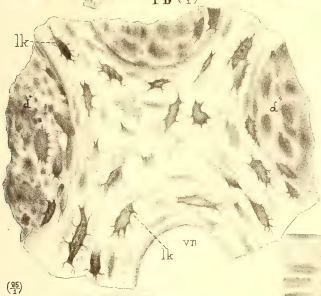
Лит. Ивансона Петерб. ст. больш. Просп. №1. СПБ

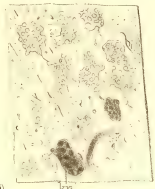


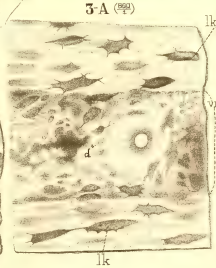


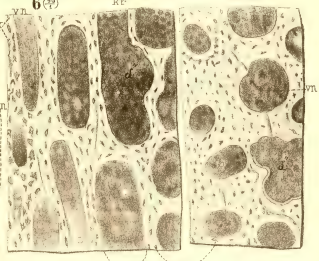












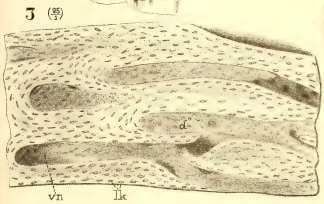
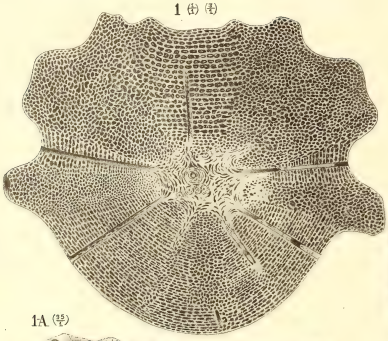
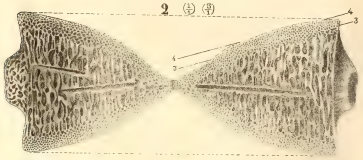
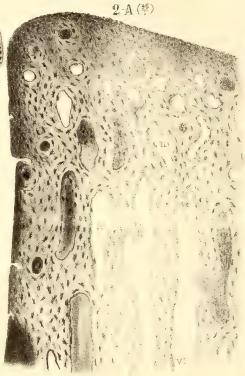


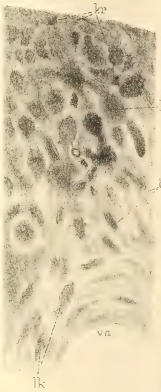
Рис. въ лупу и Микроскалъ В. Ачуевъ.

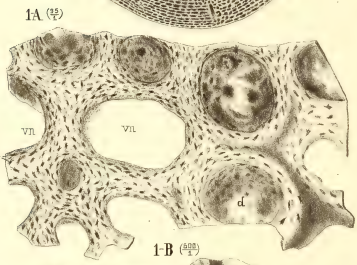
Лит. Иванова. Петерб. ст. больш. Просп. №1. СПБ.

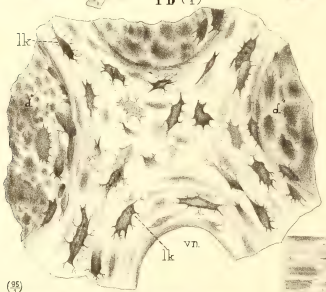


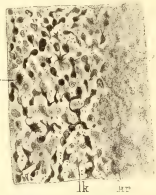


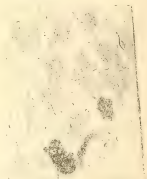


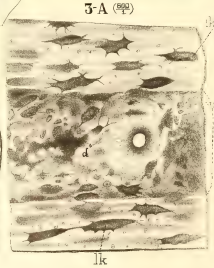


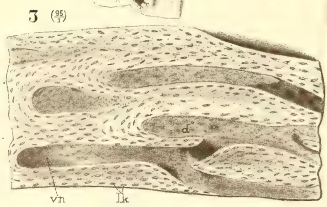












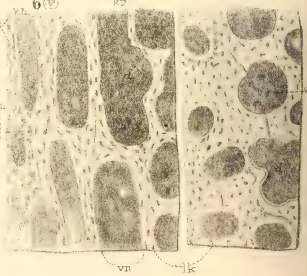
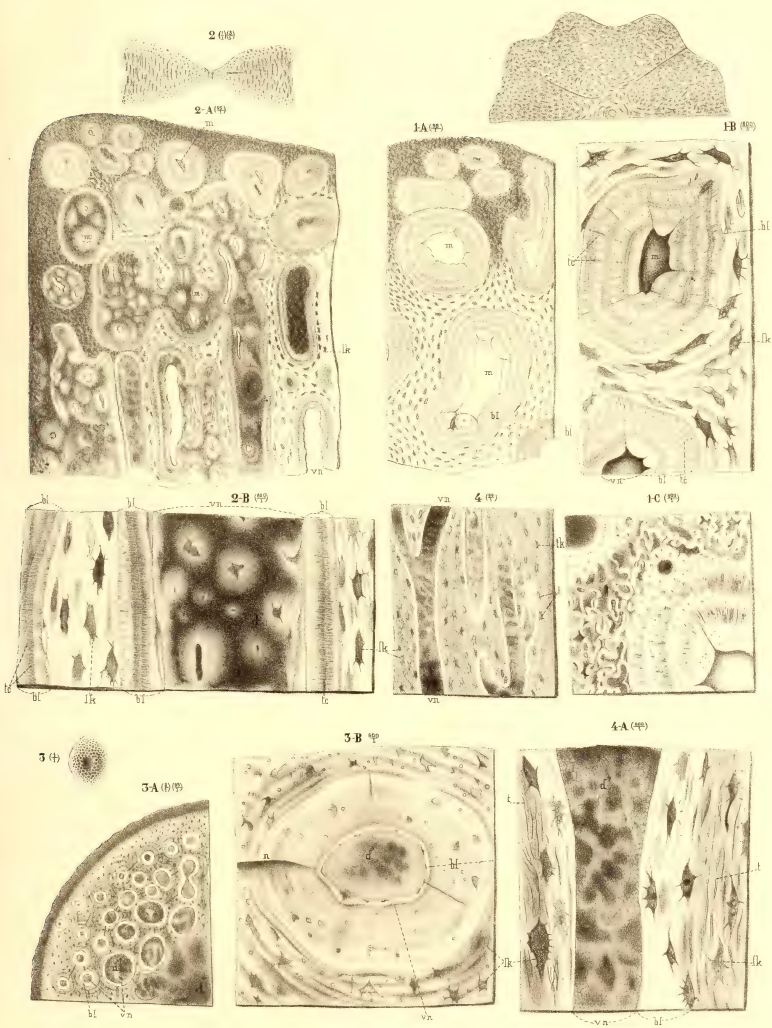


Рис. въ лупу и Микроскопъ В. Агуевъ.

Лит. Иванова. Петерб. ст. 6-ыя Просп. № 1. С.П.Б.



Рисовалъ художникъ В. Кокуевъ.

Лит. Ив. Академіи. Печ. 8 ст. 6 апрѣля. Тираж. 500 экз. №1.СПБ.

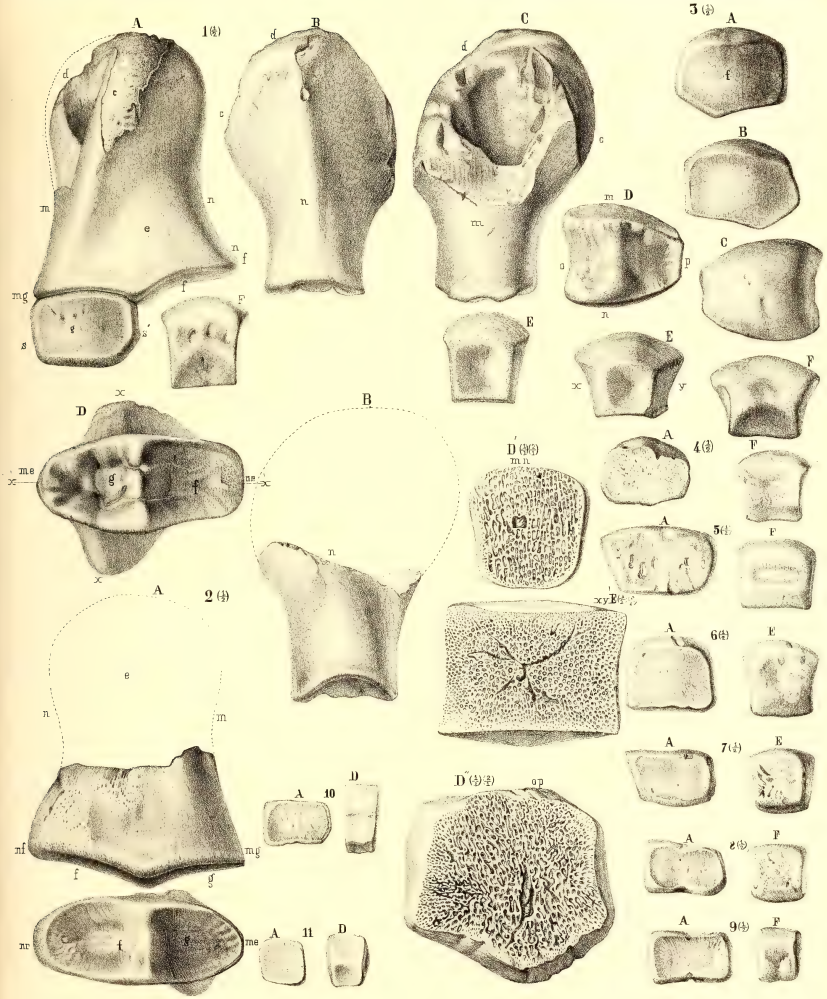


Рис. съ нат. и вълиу В.Ачуевъ.

Лит. Ивансона. Петерб. ст. больш. Просп. №1. С.П.Б

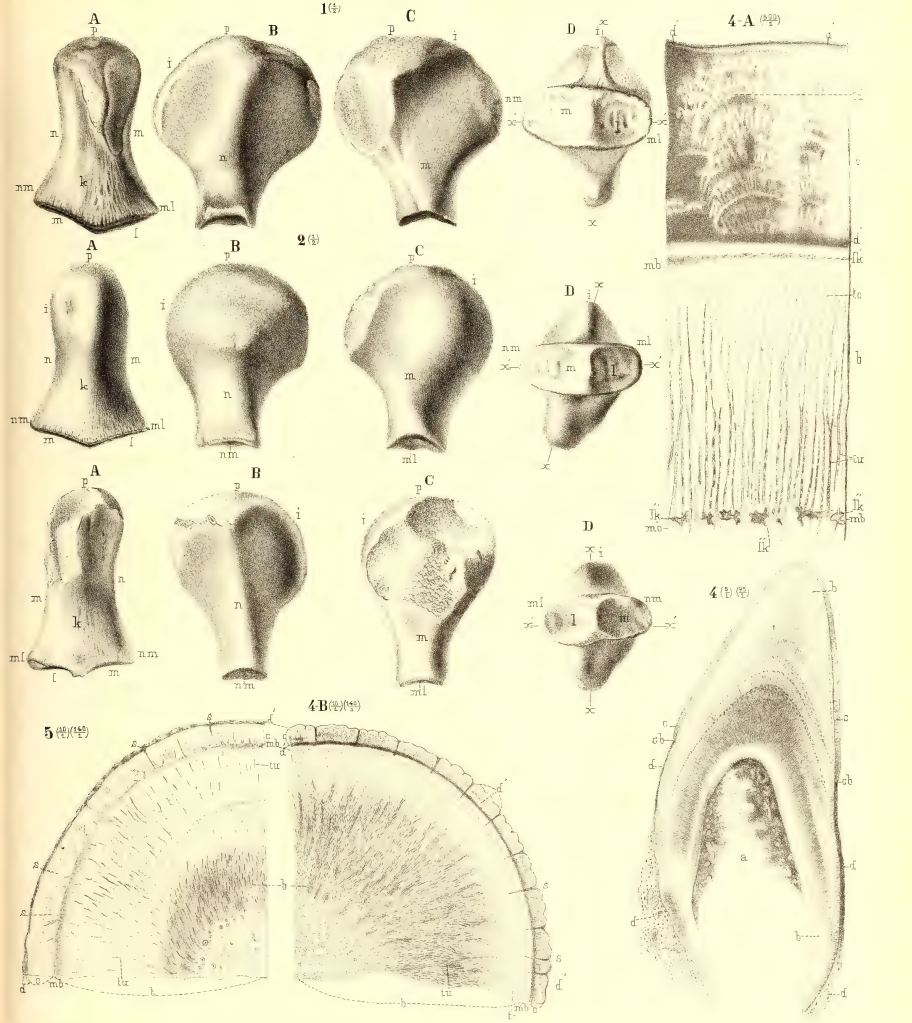


Рис. съ натуры и микроскопа В. Атуевъ.

Лит. Учил. Петерб. отд. Балш. Прос. № 1. СПБ

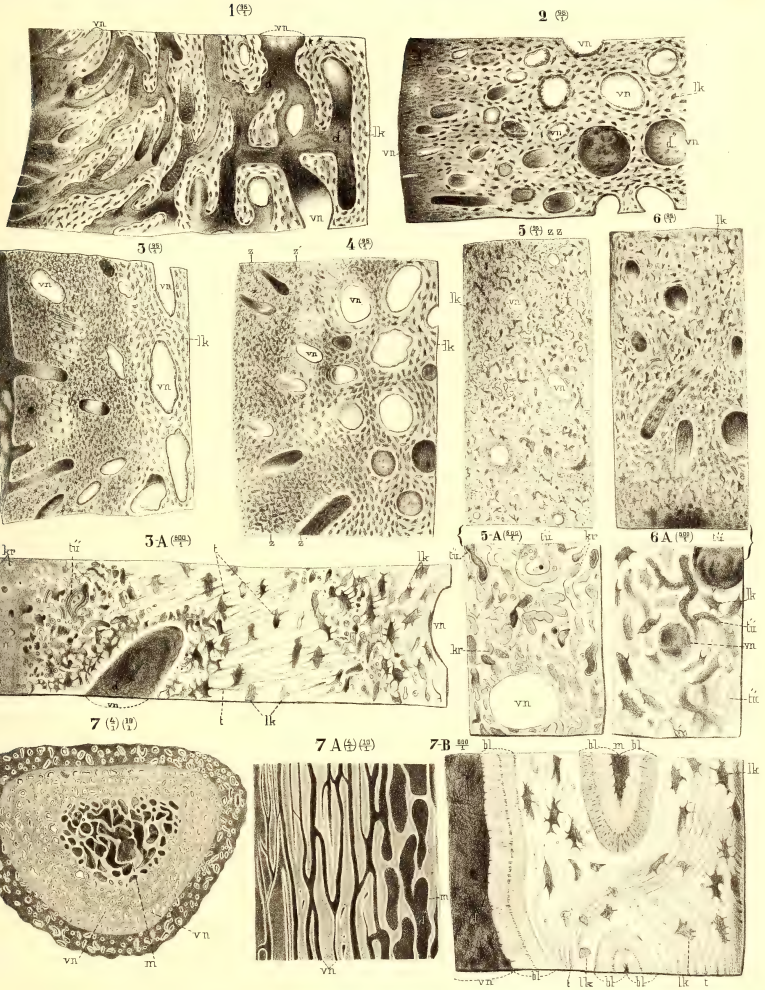
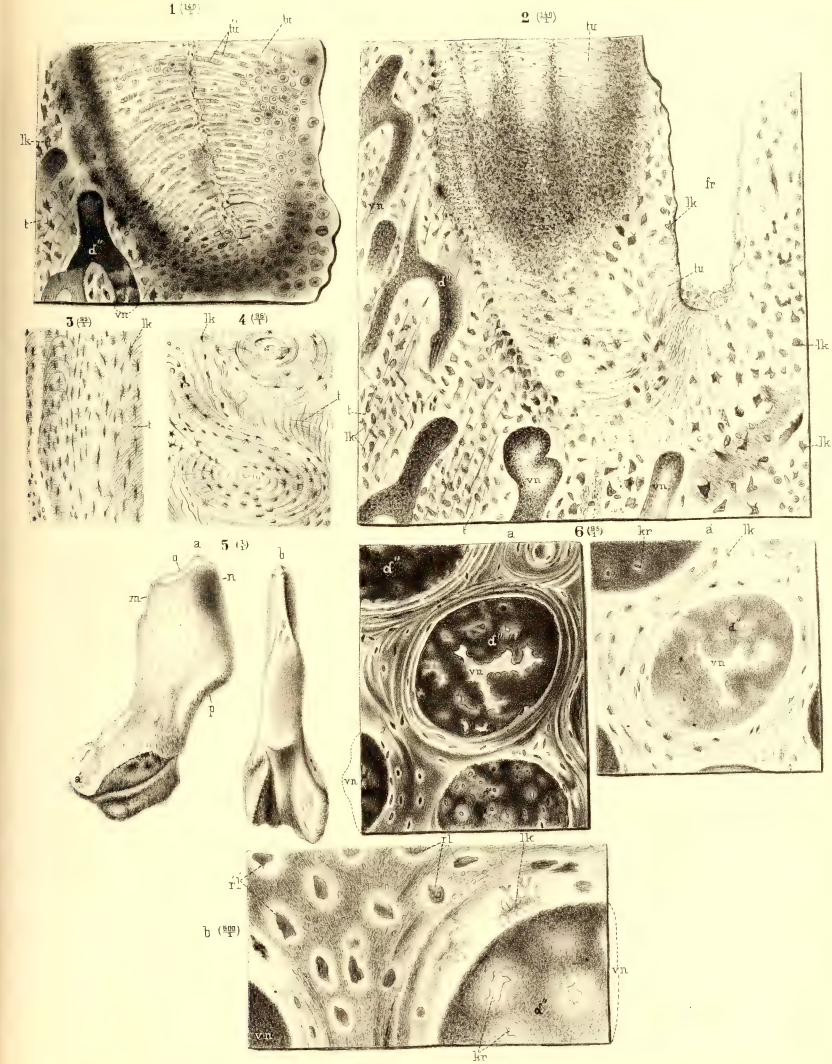


Рис. въ микроскоп. В. Агуевъ.

Лит. Ин. акад. Петерб. ст. банкой Прост. № 1. 1888.



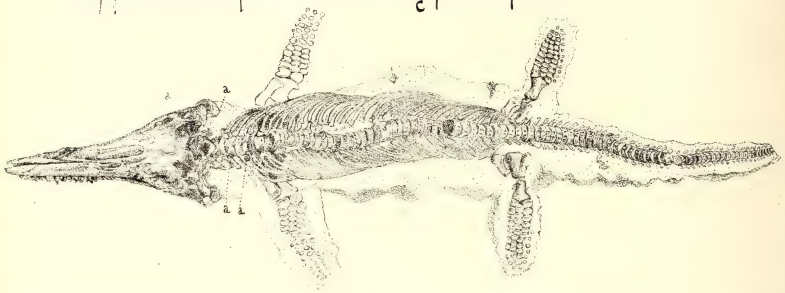
Lith Инансона. Петерб. от. больш. Проп. № 1. СПБ.

кс. въ микроскоп. В.Ачуев.

Ord. Ichthu

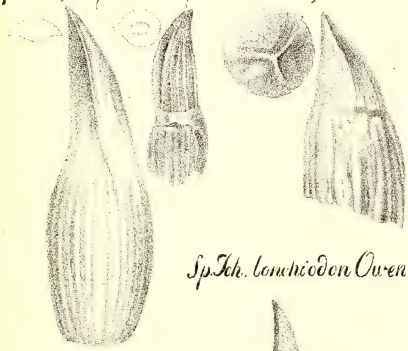
Gtt. Ichthyosaurus König. Pro

Srpp. Ichthyosauri-longipennipedes.



Art. Ichthy. platyodontes

Sp. Ich. platyodon Conyb. — Ich. trigonodon Theod.



Sp. Ich. conicodon Owen?

Sp. Ich. ingens Theod.?

Art. Ichthy. tenuirostres.

Sp. Ich. tenuirostris Conyb.

Sp. Ich. sinuatus Theod.

Sp. Ich. acutirostris Owen?
Sp. Ich. hexagonus Theod.

Sp. Ich. planirtus Theod.

Sp. Ich. crassicostatus Theod.

Sp. Ich. longirostris Jäger.

Die Fragezeichen bei den Benennungen der Species sollen andeuten, dass eine vollständigere Kenntniss dieser

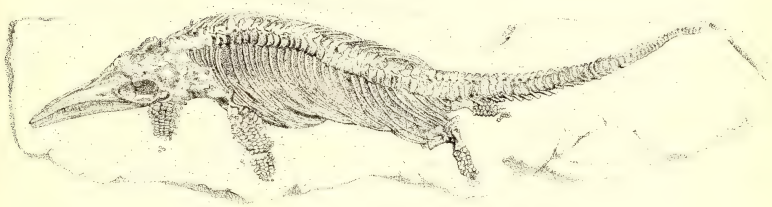
Рис. В. Акуевъ

Leptocleidus Owen

W. Kiprijanoff. fossile Reptilien Russlands Th I. Tab XVIII

Plesiosaurus Home, Iryphus Wagl.

Gruppe. Ichthyosauri Largipennipedes.



Art. Ichthy. communes.

Sp. Ich. communis Cony.

Sp. Ich. intermedius Cony.

Sp. Ich. macrophthalmus Theod.?
Sp. Ich. integer Bronn?
Sp. Ich. conformis Harl.?
Sp. Ich. latifrons König?
Sp. Ich. latimanus Owen?

Sp. Ich. atavus Quens.

Art. Ichthy. compylodontes.

Sp. Ich. compylodon Carter.

Sp. Ich. posthumus Wagner

Sp. Ich strombecki Meyer

Sp. Ich. leptospondylus Wagner?

Sp. Ich. trigonus Owen?

Die wünschenswerth wäre zur Rechtfertigung der vorgeschlagenen Classification

Литографія А.В. Морозова.

Ord. Ichthyopterygia Owen

Gtt. Ichthyosaurus König, Proteosaurus Home, Iryphus Wagl.

Grpp. Ichthyosauri-longipennipes.

Grpp. Ichthyosauri largipennipes.

Art. Ichthy. platyodontes

Sp. Ich. platyodon Cony — Ich. trigonodon Theod.

Sp. Ich. toluchiodon Owen?

Sp. Ich. ingens Theod.?

Art. Ichthy. tenuirostres.

Sp. Ich. tenuirostris Cony

Sp. Ich. sinuatus Theod.

Sp. Ich. acutirostris Owen?
Sp. Ich. hexagonus Theod.

Sp. Ich. planirtus Theod.

Sp. Ich. crassicostatus Theod.

Sp. Ich. longirostris Jäger.

Art. Ichthy. communes.

Sp. Ich. communis Cony.

Sp. Ich. intermedius Cony.

Sp. Ich. macrophthalmus Theod?
Sp. Ich. integer Bronn?
Sp. Ich. conformis Harl.?
Sp. Ich. latifrons König?
Sp. Ich. latimanus Owen?

Sp. Ich. atavus Quens.

Art. Ichthy. compylodontes.

Sp. Ich. compylodon Carter

Sp. Ich. posthumus Wagner

Sp. Ich. strombecki Meyer

Sp. Ich. leptospondylus Wagner?

Sp. Ich. trigonus Owen?

Die Fragezeichen bei den Benennungen der Species sollen andeuten, dass eine vollständigere Kenntniss dieser Sp[illegible] wünschenswerth wäre zur Rechtfertigung der vorgeschlagenen Classification.

Рис. В. Акуевъ

Литографія А.В. Морозова.

Ouvrages paléontologiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. VI, № 2. **Volborth, A. v.** Ueber die mit glatten Rumpfgliedern versehenen russischen Trilobiten, nebst einem Anhange über die Bewegungsorgane und über das Herz derselben. 1863. Mit 4 lith. Taf. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. VIII, № 9. **Volborth, A. v.** Ueber einige neue Ehstländische Illaenen. 1864. Mit 2 lith. Taf Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVI, № 2. **Volborth, A. v.** Ueber Achradocystites und Cystoblastus, zwei neue Crinoideen-Gattungen, eingeleitet durch kritische Betrachtungen über die Organe der Cystideen. 1870. Mit 1 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 11. **Brandt, A.** Ueber fossile Medusen. 1871. Mit 2 Taf. Pr. 45 K = 1 Mk. 50 Pf.

T. XIX, № 3. **Schmidt, F.** Ueber die Petrefacten der Kreideformation von der Insel Sachalin. 1873. Mit 8 Taf. Abbildungen. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

T. XXI, № 2. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. I. Ueber die russischen silurischen Leperditien, mit Hinzuziehung einiger Arten aus den Nachbarländern. 1873. Mit 1 Taf. Pr. 35 K. = 1 Mk 20 Pf.

№ 11. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. II. Ueber einige neue und wenig bekannte baltisch-silurische Petrefacten. 1874. Mit 4 Taf. Abbildungen. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXII, № 12. **Heer, O.** Beiträge zur Jura-Flora Ostsibiriens und des Amurlandes. 1876. Mit 31 Taf. Pr. 5 R. 50 K. = 18 Mk 30 Pf.

T. XXIV, № 8. **Pahlen, A. v. d.** Monographie der baltisch-silurischen Arten der Brachiopoden-Gattung Orthisina. 1877. Avec 4 pl. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXV, № 6. **Heer, O.** Beiträge zur fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 7. **Heer, O.** Primitiae florae fossilis Sachalinensis. — Miocäne Flora der Insel Sachalin. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 9. **Möller, V. v.** Die spiral-gewundenen Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1878. Avec 15 pl. Pr. 2 R. 50 K. = 8 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 4. **Schmalhausen, J.** Beiträge zur Jura-Flora Russlands. 1879. Avec 16 pl. Pr. 2 R. 20 K. = 7 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Möller, V. v.** Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1879. Avec 7 pl. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

№ 10. **Heer, Prof. Dr. Osw.,** Nachträge zur Jura-Flora Sibiriens gegründet auf die von Herrn Richard Maak in Ust-Balei gesammelten Pflanzen. 1880. Mit 9 Tafeln. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

8.1-90

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 9 ET DERNIER.

BEITRÄGE

ZUR

ANATOMIE DES DARMKANALS.

VON

Prosektor A. Tarenetzky.

(*Lu le 31 mars 1881.*)

JAN 10 1882

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:
MM. Eggers et C^ie^
et J. Glasounof;

à Riga:
M. N. Kymmel;

à Leipzig:
Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 50 Kop. = 1 Mk. 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII[E] SÉRIE.
TOME XXVIII, N° 9 ET DERNIER.

BEITRÄGE

ZUR

ANATOMIE DES DARMKANALS.

VON

Prosektor A. Tarenetzky.

(Lu le 31 mars 1881.)

ST.-PÉTERSBOURG, 1881.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C[ie] et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 50 Kop. = 1 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juillet 1881. C. Vesséłofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Lagenverhältnisse, Morphologie und Entwickelung des Blinddarms und Wurmfortsatzes beim Menschen und den Säugethieren.

Die Literatur über Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Blinddarms ist eine verhältnissmässig reiche zu nennen, während im Gegentheil in Betreff der Lagenverhältnisse und der dieselben bedingenden Vorgänge in der Entwickelung des Wurmfortsatzes viel weniger bekannt ist. Vielleicht ist der Grund der grösseren Reichhaltigkeit der Literatur des *coecum* in der in praktischer Hinsicht grösseren Wichtigkeit dieses Darmabschnittes zu suchen, seine häufige Erkrankung beim Menschen, sein fast allen Säugethierklassen eigenthümliches Vorkommen und seine Bedeutung für die Vorgänge im Verdauungskanal mussten speciell auf ihn die Aufmerksamkeit lenken. Nichtsdestoweniger hat aber auch der *processus vermicularis* ein gewisses sowohl physiologisches als auch rein praktisches Interesse, sein Vorkommen nur bei einigen und zwar untereinander durchaus nicht verwandten Thierspezies, seine veränderliche Lage beim Menschen und die ihm in Folge dieser Lage spezifischen Krankheitsformen sind hinreichende Gründe, um eine nähere Untersuchung seiner Form und Lage ebenfalls nicht für unnöthig erscheinen zu lassen.

Als Material vorliegender Arbeit benutzte ich eine Sammlung von in Spiritus aufbewahrten Säugethieren der hiesigen Akademie der Wissenschaften und die in dem Institute für praktische Anatomie bei der medico-chirurgischen Akademie befindlichen menschlichen Leichen Erwachsener und Embryonen. Im Ganzen wurden untersucht circa 200 Thiere, 56 menschliche Leichen Erwachsener und 38 menschliche Embryonen verschiedener Altersklassen. In dem ersten Theile meiner Arbeit über Morphologie und Entwickelung habe ich Abstand genommen, Zahlenverhältnisse der betreffenden Darmabschnitte zu bringen, dieselben sind angeführt in einer zweiten Untersuchung, welche speziell die Messungen der Länge des Darmkanals zum Zwecke hatte.

Entwickelung und Lageverhältnisse des Blinddarms und Wurmfortsatzes beim Menschen in der intrauterinen Periode.

Vorerst werde ich diejenigen Verhältnisse beschreiben, welche auf Grund der Häufigkeit als die normalen anzusehen sind, später die Abweichungen, wobei ich im Voraus bemerken muss, dass ich als *coecum* nur denjenigen Theil des Dickdarmes annehme, welcher beim Menschen und den Thieren in Form eines Blindsackes unterhalb der Einmündungsstelle des *ileum* in das *colon ascendens* sich befindet.

Nach Meckel[1]) erscheint das *coecum* und der *processus vermicularis* in der zweiten Hälfte des zweiten Monats, Kölliker[2]) verlegt ihr erstes Auftreten in die sechste Woche. Aus dieser Periode standen mir zwei Embryonen zu Gebote, von denen der eine 2,2 Cntm., der andere 2,4 Cntm. in der Scheitel-Steisslinie maassen. Beide waren vollständig unverletzt und hingen durch den Nabelstrang noch mit den Eihäuten in Verbindung.

Der grösste Theil des Mitteldarms liegt im Nabelstrange, und zwar in Form einer einfachen Schlinge bestehend aus zwei völlig parallel und horizontal nebeneinander gelagerten Schenkeln, einem rechten und einem linken. Gegen die Spitze der Nabelscheide gehen beide Schenkel bogenförmig in einander über, wobei der Scheitel des Bogen etwas nach oben und zurückgeschlagen ist. Zwischen beiden Schenkeln bleibt ein Raum frei, welcher durch eine ebenfalls horizontal gelagerte Membran eingenommen ist, die an beide Schenkel und den Bogen der Darmschlinge sich ansetzt, und eine Fortsetzung des *mesenterium* in die Nabelscheide darstellt. Verfolgt man beide Darmschenkel in die Bauchhöhle, so erweist sich der rechts gelagerte als der Dünndarm, der links gelagerte als der Dickdarm. Die ganze im Nabelstrange befindliche Schleife des Darmkanals ist frei beweglich und hängt mit dem Nabelstrange nur durch die vom Scheitel der Schlinge hervortretenden *vasa omphalomesenterica* zusammen. Der Durchmesser des links liegenden Dickdarmabschnittes ist bedeutend geringer als der des rechts gelagerten Dünndarmes. Die Uebergangsstelle des Dickdarms in den Dünndarm befindet sich am linken Schenkel der Schleife, nicht weit vom Scheitel derselben entfernt. Sie erscheint als eine fast plötzlich auftretende Anschwellung des Dickdarms in seinem ganzen Umfange, und von gleicher Breite wie der Dünndarm. An dieser Stelle tritt aus der Darmwand eine kurze, mit breiter Basis auf der nach aussen gerichteten Zirkumferenz des Darmrohres aufsitzende konische Ausstülpung hervor, welche den *processus vermicularis* darstellt. Letzterer ist mit seiner ziemlich stumpfen Spitze nach vorn gegen den Scheitel der Darmschleife und etwas unter den Anfangstheil des Dünndarms gerichtet, im Uebrigen schmiegt er sich an die Aussenseite des linken Darmschenkels an. Drängt man mit einer Nadel die Spitze des Wurmfortsatzes vom linken Schenkel ab, so kann man sich überzeugen, dass in dem auf diese Weise entstehenden Zwischenraume sich

1) Meckel. Deutsches Archiv, T. III, 1817, p. 79. | 2) Kölliker. Entwickelungsgeschichte, 1876, p. 840

eine kleine freie Falte befindet, welche die Basis des Wurmfortsatzes mit dem Endstücke des *ileum* verbindet, und aus einer Fortsetzung beider Platten des an den betreffenden Abschnitt des *ileum* sich anheftenden *mesenterium* besteht. Diese Falte ist das später zu beschreibende *ligamentum ileo-coecale*; die Untersuchung desselben in späteren Perioden, in denen es mehr entwickelt ist, verschafft die Ueberzeugung, dass dasselbe nicht eine einfache Peritonealfalte ist, sondern dass es in einer viel engeren Beziehung zu den durch dasselbe verbundenen Darmtheilen steht. Auf Grund der mikroscopischen Untersuchung ist anzunehmen, dass gleichzeitig mit der Entwickelung des Bandes als Peritonealfalte, in dasselbe ein Theil der Längsmuskulatur des *ileum* übertritt, um sich mit den Längsmuskelfasern des *processus vermicularis* zu verbinden. Die Peritonealplatte, welche von der untern Fläche des gemeinschaftlichen *mesenterium* auf den Wurmfortsatz übergeht, tritt viel schärfer hervor, sie würde, da nach den Untersuchungen von Toldt[1]) die gemeinschaftliche Mesenterialarterie mehr auf der unteren Seite des Gekröseplättchens prominirt, die Hauptarterie des *processus vermicularis* enthalten.

In dieser Periode bildet also der Wurmfortsatz eine einfache Ausstülpung des Darmrohres und ist parallel dem Ende des Dünndarms gelagert, ein *coecum* ist nicht vorhanden, die umfangreichere Stelle des Dickdarms, aus welcher der Wurmfortsatz seinen Anfang nimmt, würde ich auf Grund der späteren Lageveränderungen des *processus*, als das *colon* und zwar als das spätere *colon ascendens* auffassen. Ich muss noch bemerken, dass die eben gegebene Beschreibung des ersten Auftretens des *processus vermicularis* fast vollständig mit der bei Toldt und Anderen übereinstimmt.

Zur Untersuchung der Veränderungen des Wurmfortsatzes gegen das Ende der zweiten Hälfte des zweiten Fötalmonats stand mir ein 3,3 Cntm. langer Embryo zu Gebote, derselbe war vollständig intakt. Nach Eröffnung des Nabelstrangs erscheint in demselben der grösste Theil des Darmkanales, und zwar liegt der schon in Schlingen geordnete Dünndarm mehr nach rechts und unten, der das *colon* vorstellende Dickdarmabschnitt mehr nach links und über den Dünndarm gelagert und der Nabelöffnung genähert. Sämmtlicher im Nabelstrange befindlicher Darm hängt frei an einem aus der Bauchhöhle hervortretenden *mesenterium commune*, dessen eine Platte, die frühere obere, mehr nach rechts und vorn, während die andere, frühere untere, mehr nach links und unten gewendet ist. Das Endstück des *ileum* liegt in gleicher Flucht mit dem *colon* und ist von unten nach oben gegen die Nabelöffnung gerichtet. Der *processus vermicularis* hat eine in die Länge gezogene Form angenommen, er steht nicht mehr dem *ileum* parallel, sondern bildet mit demselben einen rechten Winkel, indem er sich nach rechts quer über und vor das Endstück des *ileum* gelagert hat, wobei seine Spitze schon etwas gegen das *colon* gerichtet ist. Auf diese Weise bildet derselbe auch mit dem *colon* einen rechten Winkel. Die beim Uebergang des Wurm-

1) Toldt. Bau- und Wachsthumsveränderungen der Gekröse des menschlichen Darmkanales, Wien 1879, p. 9.

fortsatzes in den Grimmdarm entstehende kniefórmige Biegung ist nicht aufgetrieben, also ist auch in dieser Periode noch kein eigentliches *coecum* vorhanden. Die Spitze des Wurmfortsatzes ist vollkommen frei, an seine Basis und Mittelstück setzt sich eine scharf ausgesprochene Peritonealfalte an, welche aus der dem Anfangstheile des *colon* zunächst liegenden vordern rechten Platte des *mesenterium commune* hervortritt. Diese Falte ist eine neue, und stellt das *mesenteriolum* des *processus vermicularis* vor, indem sie die Hauptgefässe desselben enthält. Die Lagenveränderungen des Darmes, welche das eben beschriebene Verhalten des *processus* hervorrufen, würden ungefähr folgende sein. Es ist bekannt, dass der im Bauchraume gelegene Theil des Dickdarmes an seiner Uebergangsstelle in die Nabelschleife (die spätere *flexura lienalis coli*) durch eine kurze Peritonealfalte an die Wirbelsäule geheftet ist. Die Fortsetzung dieser Falte auf der Wirbelsäule nach oben bis zu der Stelle, wo die *arteria mesenterica superior* aus der *aorta* hervortritt, ist der Anfangspunkt des an die Darmschleife tretenden *mesenterium*. Bei der weiteren Längsentwickelung des Dickdarmrohrs und dem gleichen Schritt haltenden Wachsthum des Bauchraumes und der Organe im oberen Theile desselben muss diese Anheftungsstelle des Dickdarmes mehr nach oben rücken, muss also die Stelle des *colon*, aus welcher der *processus* hervortritt, sich mehr der Nabelöffnung nähern, und das *colon*, welches das Endstück des *ileum* nach sich zieht, muss sich mit letzterem annähernd in gleiche Flucht stellen. Der sich in Schlingen ordnende und noch im Nabelstrange liegende Dünndarm muss wegen seiner anfänglichen Lage, bei der Hebung des linken Schenkels, rechts und unter den Anfang des *colon* zu liegen kommen; das *mesenterium commune* muss sich ebenfalls entsprechend der Anordnung des Darmes aufstellen. Es ist anzunehmen, dass der Zug nach oben, welchen der sich kräftiger entwickelnde obere Theil des Bauchraumes und die in ihm enthaltenen Organe, vorzüglich die Leber, ausüben, nicht nur auf das im Nabel befindliche Darmrohr, sondern auch auf sein *mesenterium* spannend wirkt. Da jedoch gleichzeitig ein Theil des Dünndarmes sich in Schlingen legt, und zwar rechts und unter dem *colon*, so muss die Spannung beider Platten des *mesenterium* eine ungleiche sein, und zwar wird die frühere obere, jetzt rechts und obere stärker gespannt sein als die untere. Die Folge davon ist, dass sich der Wurmfortsatz quer und vor das *ileum* nach rechts lagert, wobei er, da seine Gefässe längs dem *colon* ihren Verlauf nehmen, mit seiner Spitze etwas gegen letzteres ablenkt. Auf Grund dieser Spannung der vorderen rechten Platte des *mesenterium commune* in der Richtung des Wurmfortsatzes formirt sich ihr, dem *processus* zunächst liegender Theil zu einer scharf ausgesprochenen, unmittelbar über dem *colon* an den *processus vermicularis* tretenden Falte — *mesenteriolum*. Zwei weitere Folgen der veränderten Lage des *processus* sind, erstens: die geringere Entwickelung der früher von der unteren Platte des *mesenterium* an ihn tretenden Gefässe in Vergleich zu den im *mesenteriolum* enthaltenen; zweitens wird durch die frühzeitige Winkelstellung des Wurmfortsatzes zur Axe des Darmes, derselbe gleichsam aus dem allgemeinen Darmlumen ausgeschlossen, ein Grund seines späteren Zurückbleibens in der Weiterentwickelung. Es bleibt noch übrig zu erörtern, welchen Einfluss die Querstellung des Fortsatzes auf das *ligamentum*

ileo-coecale hat. Da dasselbe dem Fortsatze bei seiner veränderten Lage folgen muss, so legt es sich wie ein Segel über die vordere Fläche des Endstückes des *ileum*, sich eng an letzteres anschmiegend, auch wird, wie es scheint, ein Theil seines Ansatzes an den *processus* mit zur Bildung des *mesenteriolum* ausgezogen. Auf diese Weise wird, da die an die Peritonealbedeckung des *ileum* sich anlegende frühere obere Peritonealplatte des *ligamentum ileo-coecale* nicht mit derselben verschmilzt, zwischen beiden ein Zwischenraum bleiben, dessen Oeffnung gegen den freien Rand der Falte also nach abwärts gerichtet ist, und dessen Spitze an der Basis des Wurmfortsatzes endet. Dieser Zwischenraum ist das erste Auftreten des *recessus ileo-coecalis inferior*. Das *ligamentum ileo-coecale* legt sich fest an das *ileum* an und ist ausserdem so klein, dass es in dieser und den zunächst folgenden Perioden kaum zu bemerken ist, wesshalb man auch sein erstes Auftreten in eine verhältnissmässig spätere Periode verlegte. Uebrigens weist auch die eigenthümliche Stellung des Endstückes des *ileum* auf die Existenz dieses Bandes hin. Die Stelle des *ileum*, welche unmittelbar in das *colon* übergeht, ist nämlich etwas bogenförmig gegen das *mesenteriolum* gehoben, so dass das *ileum* nicht nur von unten nach oben, sondern auch etwas von hinten nach vorn, mit nach oben gerichteter Konvexität, in das *colon* übergeht.

Zur Beobachtung der Lagenveränderungen des Wurmfortsatzes in der ersten Hälfte des dritten Fötalmonates konnte ich kein Präparat benutzen, ich erlaube mir desshalb die hierher bezüglichen Stellen aus der Arbeit von Toldt[1]) anzuführen. Die Embryonen waren 4,8 Ctm. lang, der Darm hat sich fast völlig in die Bauchhöhle zurückgezogen. «Der in dem *mesenterium* enthaltene Theil des Dickdarmes hält, angefangen von der späteren *flexura lienalis coli*, gerade gestreckt die Richtung nach vorn und abwärts gegen den Nabel ein, indem er über und vor dem Konvolut der dünnen Därme gelagert bleibt. In der Gegend des Nabels findet man den Blinddarm und den Uebergang in das dünne Gedärme. Das *coecum* erscheint als eine gleichmässige Erweiterung des Darmes, in welche sich in senkrechter Richtung das *ileum* einpflanzt. Unmittelbar hinter der Einpflanzungsstelle verjüngt sich das *coecum* zu dem wurmförmigen Anhange, welcher ein nur wenig kleineres Kaliber wie das *ileum* und schon eine ganz ansehnliche Länge besitzt. Er macht gleich bei seinem Beginn eine scharfe Abknickung, durch welche er seitlich neben den Blinddarm zu liegen kommt, jedoch ist sein Anfangstheil mittelst einer Peritonealduplikatur mit dem untern Ende des *ileum* in Verbindung.» Aus dem eben Angeführten geht klar hervor, dass in dieser Periode der Wurmfortsatz keine bemerkenswerthen und von den in der zweiten Hälfte des zweiten Monats wesentlich abweichende Lagerungsveränderungen eingeht. Zu bemerken wäre nur sein Uebertritt in die Bauchhöhle und seine schon völlig dem *colon* parallele Stellung.

Aus der zweiten Hälfte des dritten Embryonalmonates stand mir nur ein 6,5 Ctm. langer, ziemlich defekter Embryo, männlichen Geschlechts, zur Verfügung. Sämmtliche Därme befinden sich in der vollständig geschlossenen Bauchhöhle dicht unterhalb der Leber. Der

1) l. c. p. 12.

frei bewegliche und in dem *mesenterium commune* befindliche Theil des *colon* liegt in der Mittellinie des Bauches unmittelbar unter der Leber über den zum *ileum* gehörenden Schlingen des Dünndarms. Das Endstück des *ileum* steigt direkt von unten nach oben zum *colon*, und bildet an seiner Eintrittstelle mit demselben einen stumpfen nach hinten und links gegen die Dünndarmschlingen offenen Winkel. Der *processus vermicularis* ist völlig dem *colon* parallel gelagert, und an dasselbe durch eine freibewegliche Peritonealfalte gefesselt; seine Basis steht durch das *ligamentum ileo-coecale* mit dem *ileum* in Verdbinung, das Ligament liegt jedoch dem *ileum* noch immer eng an. Die knieförmige Verbindungsstelle des *processus* mit dem *colon* ist nach rechts und vorn gewendet und etwas aufgetrieben. Das *mesenterium commune* ist völlig sagittal gestellt, mit einer rechten und linken Fläche, einem vordern und hintern Rande. Den obern Theil des vordern Randes nimmt der freibewegliche Theil des *colon* und das Endstück des *ileum* ein. In dieser Periode tritt also zuerst ein wirkliches *coecum* auf, sie ist ausserdem dadurch bemerkenswerth, dass mit ihr das durch den Längswachsthum des freien Abschnittes des Dickdarmes bedingte Aufwärtsrücken desselben ein Ende nimmt, da ein weiteres Erheben durch die vordere untere Leberfläche gehemmt wird. Auch ist in dieser Periode schon gewissermaassen die spätere Abweichung des *colon* nach rechts vorgezeichnet, indem durch die Fixirung der *flexura lienalis coli*, schon jetzt die Spitze des *colon* d. h. das *coecum* eine leichte Ablenkung nach rechts bietet.

Zur Untersuchung des *coecum* und *processus vermicularis* in der ersten Hälfte des vierten Embryonalmonates konnte ich zwei Embryonen, einen männlichen von 7,7 Cntm. Scheitel-Steisslänge, und einen weiblichen von 9,5 Cntm. Länge verwenden, beide waren vollkommen intakt. Der Anfangstheil des *colon* ist beträchtlich über die Mittellinie nach rechts gerückt, derselbe ist vollkommen quer gelagert, befindet sich vor der rechten Nebenniere und der *pars horizontalis superior duodeni*, und liegt der untern vordern Leberfläche dicht an. Vor und unterhalb desselben befindet sich der ebenfalls fast völlig den durch die Konkavität der untern Leberfläche gebildeten Raum einnehmende Dünndarm. Das Endstück des *ileum* steigt vertikal von unten nach oben, und bildet an seiner Einmündung mit dem *colon* einen nach links offenen rechten Winkel. Das *coecum* ist als eine kleine knopfförmige, aus dem Winkel zwischen *colon* und Wurmfortsatz, nach rechts und oben gerichtete Ausbuchtung zu bemerken. Aus dieser Ausbuchtung geht der gut entwickelte, aber in seinen Breitendimensionen schon schmäler als das *coecum* erscheinende *processus vermicularis* hervor. Derselbe ist ebensolang wie der freibewegliche Theil des *colon transversum*, ist überall gleich weit, und reicht mit seiner Spitze bis zur Mittellinie. Er ist dem *colon* vollkommen parallel gelagert, und befindet sich oberhalb und hinter dem *colon*, unmittelbar unterhalb der Leber. An das *colon transversum* setzt sich von unten nach oben der früher vordere jetzt obere Rand des *mesenterium commune* an. Von der Peritonealbekleidung des *colon*, und zwar näher der hinteren Fläche desselben, heftet sich das *mesenteriolum* als scharf ausgesprochene Falte an den Wurmfortsatz fast bis zu seiner freien Spitze. Die *arteria vermicularis* tritt hinter dem *colon*, bedeckt durch die jetzt hintere, früher rechte, noch früher vordere Platte des

mesenterium commune, an den *processus*. Das *colon* ist frei beweglich bis zu der Stelle, wo es nach links die Mittellinie überschreitet, hier wird dasselbe durch den Ansatz des *omentum majus* fixirt; ebenso beweglich ist der an das *colon* bis zur Mittellinie und an das Endstück des *ileum* tretende Theil des *mesenterium commune*.

Das ebenbeschriebene Bild der Lagenverhältnisse bot der 7,7 Cntm. lange männliche Embryo, etwas anders erscheint dasselbe bei dem mehr entwickelten 9,5 Cntm. langen. Das *coecum* liegt unmittelbar unter dem rechten Leberrande und vor dem obern Ende der rechten Niere; der ihm zunächst liegende Theil des *colon* überkreuzt schon etwas die *pars descendens duodeni*. Da die untere Fläche der rechten Leberhälfte eine nach rechts und unten gerichtete Ausschweifung darstellt, so hat sich der dieser Fläche dicht anliegende Theil des *colon* schon etwas schief gestellt, in Folge dessen tritt das *ileum* nicht mehr völlig vertikal von unten nach oben an das *colon*, sondern steigt ebenfalls schief von innen und unten nach oben und aussen, der rechte Winkel zwischen *colon* und *ileum* ist also kleiner geworden. Die Spitze des *coecum* ist nach unten und aussen gerichtet, der *processus vermicularis* befindet sich in seiner ganzen Länge hinter dem *colon*. Das *colon transversum* bis zur Mittellinie und das Ende des *ileum* sind auch jetzt noch völlig frei beweglich und nirgends mit dem *peritoneum parietale* der hinter ihnen liegenden Theile des Bauchraumes verwachsen. Wir haben dem zu Folge in dieser Periode die erste Anlage zur Bildung des *colon ascendens*, und den Anfang einer Lageveränderung des *processus vermicularis*; die für seine spätere bleibende Stellung maassgebend wird. Um diese und die nächstfolgenden Verhältnisse zu verstehen, halte ich für dienlich überhaupt auf die Gründe näher einzugehen, die die Bildung des *colon ascendens* zur Folge haben. Wie früher angeführt, wird durch die Fixirung des links von der Mittellinie liegenden Theils des *colon*, speziell der *flexura lienalis coli*, und durch die voluminöse Leber, der im *mesenterium commune* liegende Theil des *colon* aus der aufsteigenden Richtung in eine quere nach rechts gerichtete abgelenkt. Bei dem weiteren Wachsthum muss sich das *colon* immer parallel der untern Fläche der Leber halten, ein Abweichen nach vorn ist durch den Dünndarm, nach oben durch die Leber, nach hinten durch die Organe der hinteren Bauchwand unmöglich. Da jedoch die Richtung der untern Leberfläche eine schief nach rechts und unten gehende ist, muss auch das *colon* schliesslich aus einem *transversum* zum *ascendens* werden. Diese Lageveränderung geht um so ungestörter vor sich, da in dieser Periode keine einzige Peritonealfalte hindernd in den Weg tritt, und das *colon* mit dem *ileum* nur durch das ebenfalls freie *mesenterium* an ein verhältnissmässig kleines Stück der Mittellinie der Wirbelsäule geheftet sind. Diese freie Beweglichkeit des *colon* hat aber noch eine andere Erscheinung zur Folge. Gleichzeit mit dem Uebergang des Grimmdarmes aus der queren in die schief aufsteigende Richtung sinkt der *processus vermicularis* hinter der hinteren Fläche des *colon* und der hinteren Fläche des an das *colon* tretenden *mesenterium* nach abwärts, sich allmählig dem Theile des *mesenterium* nähernd, welcher an das Endstück des *ileum* tritt. Das Abwärtssinken des Wurmfortsatzes geht so weit von Statten, als es die Breite seines *mesenteriolum* erlaubt, sie hört auf sobald

sich letzteres anspannt. Gleichzeitig mit der Lageveränderung des *processus vermicularis* dreht sich das freie nach rechts und abwärts gerichtete Ende des *colon* von vorn nach hinten ein Drittel um seine Axe, und zwar so, dass die frühere obere Seite zur hintern wird, die frühere innere zur vorderen. Ein Beweis dieser Achsendrehung des *colon* ist erstens: die in dieser Periode auftretende veränderte Stellung des *coecum*, und zweitens: die für das ganze Leben bleibende Lage der *taeniae longitudinales*, die *taenia omentalis* ist am *colon transversum* die obere, am *ascendens* und *coecum* die hintere, die *taenia libera* am *transversum* die vordere, am *ascendens* und *coecum* die vordere äussere. Welches sind aber die Gründe, welche die Translokation des *processus* und die Drehung des rechten Endes des *colon* bedingen? Ich glaube dass man sie vor allem in der Entwickelung des untern Theiles des Bauchraumes vorzüglich des Beckens zu suchen hat. Mit der Grössenzunahme dieser Theile muss ein Theil des Dünndarmes und zwar das *ileum* aus dem *mesogastrium* in das *hypogastrium* herabtreten, wobei es sich sowohl unter als vor das *jejunum* lagert. Die hierdurch hervorgerufene Spannung des *mesenterium commune* wird natürlich auf den frei beweglichen Theil des *colon* eine ziehende Wirkung ausüben, in Folge deren sich das *colon* noch mehr nach abwärts wendet. Da aber durch die Lagerung des *ileum* vor und unter das *jejunum* die hintere Platte des *mesenterium commune* eine stärkere Spannung erleiden muss als die vordere, wird ausser der Ablenkung nach unten noch eine Axendrehung von vorn nach hinten hervorgerufen, wobei der Wurmfortsatz mit dem an ihm haftenden *mesenteriolum* hinter dem *colon* nach abwärts sinkt.

Nach dem eben Gesagten sind es zwei Ursachen, welche in dieser Periode auf die Stellung der uns beschäftigenden Theile des Dickdarmes modifizirend einwirken — die Form der Leber und die Spannung des *mesenterium*. Treitz[1]) nahm einen dritten Faktor als Grund der Scheidung des *colon* in ein *ascendens* und *transversum* an, nämlich die in dieser Zeit auftretende relative Grössenabnahme der Leber, der zu Folge die unmittelbar am *pylorus* des Magens gelegene Stelle des *colon* eine Knickung erleidet und allmählig als *flexura hepatica coli* nach rechts und oben gezogen wird. Auf diese Weise wird nach seiner Meinung der vom *pylorus* rechts bis zum *coecum* reichende Theil des *colon* zum späteren *ascendens*, während die linke bis zur *flexura lienalis* reichende Hälfte sich zum späteren *colon transversum* auszieht. Es ist schwer sich mit dieser Meinung einverstanden zu erklären, wenn man bedenkt, dass in keiner fötalen Periode das *colon* mit Ausnahme der einfachen Anlagerung in irgend einer engeren Beziehung zur Leber steht, und dass sich die Bildung der *flexura hepatica coli* viel naturgemässer nach Toldt auf Grund der späteren Verwachsung des *colon* mit dem *duodenum* und der rechten Niere erklärt.

Die Gestalt des Blinddarmes und des Wurmfortsatzes in der zweiten Hälfte des vierten Embryonalmonates konnte ich bei drei männlichen Embryonen untersuchen, zwei maassen je 10 Cntm., der dritte 10,8 Cntm. Der ganze rechts von der Mittellinie gelegene Theil

1) Treitz. *Hernia retroperitonealis*, Prag 1857, p. 119.

des *colon* hat die alte schief nach rechts und abwärts ziehende Richtung beibehalten, so dass auch in dieser Periode von einem eigentlichen *colon ascendens* noch nicht die Rede sein kann. Der Grimmdarm liegt grösstentheils noch parallel und unterhalb der Leber; nur der dem *coecum* zunächst liegende Abschnitt und das *coecum* selbst, befinden sich, etwas unter dem rechten Leberrande hervortretend, vor der rechten Niere, der äusseren Bauchwand anliegend. Der Anfangstheil des *colon* ist völlig unbeweglich, und ist mit seiner hinteren Fläche fest mit der vordern Fläche der rechten Niere nahe ihrem inneren Rande, und der vorderen Fläche der *pars descendens duodeni* verwachsen. Die Verwachsung ist eine solide, und beschränkt sich nicht nur auf den Peritonealüberzug des *colon* selbst, sondern erstreckt sich auch auf die an das *colon* tretende hintere Platte des *mesenterium*, die ebenfalls mit der an das *duodenum* tretenden Falte des *peritoneum* verklebt ist. Mit andern Worten, der dem *coecum* zunächst liegende Theil des *colon* hat den ersten Schritt zum Verlust seiner freien Beweglichkeit, und zur engeren Verbindung mit dem *peritoneum parietale* gethan. Das *coecum* hat seine Form wenig verändert, es bietet dieselbe nach rechts und unten gerichtete knieförmige Ausstülpung der Uebergangsstelle des *colon* in den *processus vermicularis*, wie in der vorhergehenden Periode, dar. Dasselbe ist völlig frei und nirgends finden sich an ihm irgend welche Peritonealfalten, welche auf eine Verbindung mit dem *peritoneum parietale* hindeuten könnten. Aus dem das *coecum* vorstellenden Ende des *colon* tritt der Wurmfortsatz hervor, sein Anfang scheidet sich vom *coecum* durch eine leichte Einschnürung ab, als äusseres Merkmal der in seinem Inneren an dieser Stelle vorkommenden Klappe. Der *processus* ist bedeutend schmäler als das *coecum*, er hat die Richtung nach innen gegen die Mittellinie, mit seiner Basis liegt er direkt unter der Einmündungsstelle des *ileum*, mit seinem mittleren Drittel liegt er hinter und parallel dem Dünndarmende, mit seiner Spitze hängt er frei nach unten. Von oben nach unten tritt an den Wurmfortsatz von der Basis bis zur Spitze das *mesenteriolum*, in Form einer freien Peritonealfalte, welche aus der hinteren (rechten) Platte des an das Endstück des *ileum* tretenden Theils des *mesenterium* ihren Anfang nimmt. Die Wurzel des *mesenteriolum* liegt etwas oberhalb des Ansatzes des *mesenterium* an das *ileum*. In dieser Periode trifft man auch das *ligamentum ileo-coecale* aufs neue als eine freie, kleine, halbmondförmige Falte, welche von der dem Ansatze des *mesenterium* entgegengesetzten Seite des *ileum* auf den Winkel zwischen *ileum* und *coecum*, und auf die Basis des *processus vermicularis* übertritt. Sein Wiedererscheinen erklärt sich leicht aus folgendem: Durch die oben beschriebene Drittelaxendrehung der rechten Hälfte des *colon* und durch das Abwärtssinken des Wurmfortsatzes nähert sich letzterer aufs neue dem *ileum* und stellt sich demselben parallel. Das Endstück des *ileum* nimmt naturgemäss an der Drehung des *colon* Antheil, und die Folge aller dieser Lagenveränderungen ist die Lösung der Spannung des *ligamentum ileo-coecale*, welche auf dasselbe die frühere Stellung des *processus vermicularis* oberhalb des *colon* ausübte, und die es zwang sich eng an das *ileum* anzuschmiegen. Jetzt sinkt es zusammen mit dem *mesenteriolum* nach abwärts, und breitet sich als freie dreieckige Falte vor dem *mesenteriolum* im Raume zwischen dem untern Rande des *ileum* und der Basis des *processus vermicularis* aus. Ich werde

später noch einmal auf diese Falte zurückkommen. Toldt,[1]) welcher das Band in früheren Embryonalperioden nicht nachweisen konnte, erklärt sein Entstehen so, dass zunächst in dem Winkel, welcher durch das Basalstück des Wurmfortsatzes und durch das Endstück des *ileum* eingeschlossen ist, in Folge des Wachsthums beider Darmtheile nach verschiedener Richtung, der Bauchfellüberzug mit einem Theile der äussern Muskellage abgehoben wird. Die so gebildete Bauchfelltasche muss sich in dem Maasse vergrössern, als die früher jenem Winkel nahe anliegenden Punkte des *ileum* und des Wurmfortsatzes durch das fortschreitende Wachthum von diesem sich mehr und mehr entfernen.

Zwei Umstände sind es, die in dem eben beschriebenen Entwickelungsstadium, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, erstens die Lage des Wurmfortsatzes, zweitens das Verschwinden der Beweglichkeit des Anfangsstückes des *colon*. Der Wurmfortsatz hat seine nunmehr für das ganze Leben bleibende Stellung angenommen, und ist in constante Beziehung zum *ileum* getreten. Der obere Theil der vorderen (früher hinteren) Platte seines *mesenteriolum* verwächst von jetzt an mit der hinteren rechten Platte des an das Ende des *ileum* tretenden *mesenterium*; der untere Theil des *mesenteriolum* bleibt aber für immer frei, und enthält die für den *processus* bestimmten Gefässe. Aus dem Gesagten erklärt sich leicht, warum auch noch beim Erwachsenen ein Theil des *processus* und zwar der der Basis zunächstliegende gewöhnlich etwas nach oben und rückwärts gegen die hintere Fläche des *ileum* gewendet ist, warum die Wurzel des *mesenteriolum* unter und hinter dem *ileum* hervorkommt und warum die Gefässe nicht vor sondern hinter dem *ileum* auf den Fortsatz treten. In Betreff des zweiten Umstandes und zwar des Verschwindens der Peritonealbekleidung an der hinteren Fläche des Anfangstheiles des *colon*, gleichzeitig mit der Vernichtung seines freien Gekröses, kann ich nur die Meinung früherer Forscher wiederholen. Treitz[2]) stellte zuerst die Behauptung auf, dass die Fixation des *colon ascendens* darin bestehe, dass die schneller als das *colon* wachsenden Bauchwände einen Theil des Peritonealüberzuges des Darmes und die hintere Platte seines Gekröses zu ihrer Auskleidung requiriren, dass also der ganze Vorgang ein rein mechanischer sei, und gewissermaassen in einem Abwickeln des Bauchfells von der hintern Fläche des *colon* bestehe. Luschka[3]) und Andere wiederholten dieselbe Meinung, Waldeyer[4]) hält das schnellere Wachsthum der Nieren und die Translokation eines Theiles des Peritoneum zu ihrer Bedeckung für die Ursache. Im Gegensatz zu dem eben Angeführten nahm zuerst Langer[5]) und nach ihm Toldt ein wirkliches Verwachsen zweier früher freien Peritonealflächen bei dem uns beschäftigenden Vorgange an, wobei die Endothelbedeckung zu Grunde geht, und nur die bindegewebige Basis des Bauchfells zurückbleibt. Toldt hält den Process für identisch mit dem, welcher das *omentum majus* mit dem *mesocolon trans-*

1) Toldt. l. c. p. 33.
2) Treitz. l. c. p. 122.
3) Luschka. Ueber die peritonnale Umhüllung des Blinddarmes und über die *fossa ileo-coecalis*, Archiv von Virchow, 1861, p. 286
4) Waldeyer. *Hernia retroperitonealis* nebst Bemerkungen zur Anatomie des Peritoneum, Archiv von Virchow, 1874, p. 89.
5) Langer. Die Peritonealtaschen am *coecum*, Zeitschrift der Gesellschaft der Aerzte in Wien, 1862, № 17.

versum untrennbar sich verschmelzen lässt, und der auch an anderen Stellen des Bauchraumes Adhäsionen und Verschwinden von freien Peritonealflächen zu Stande bringt, ohne dabei die geringste pathologische Ursache als Grund der Erscheinung zu haben. In der That, wenn man in den fraglichen Perioden solche Stellen am *colon* untersucht, so kann man in vielen Fällen leicht die Verwachsung wieder lösen, wobei die Flächen ganz das Ansehen haben, als ob sie eben erst durch einen frischen Process verlöthet worden wären. Ein zweiter Umstand, der ein einfaches Abstreifen des Bauchfells vom Darm unwahrscheinlich macht, ist das häufige Auftreten von pseudomembranähnlichen Falten und Hohlräumen, welche in dieser und besonders in späteren Perioden zwischen *colon ascendens* und dem *peritoneum parietale* der seitlichen hinteren Bauchwand sich vorfinden. Man muss annehmen, dass die Verwachsung der beiden früher freien Peritonealflächen sowohl eine vollständige als auch eine unvollständige sein kann. Im letzteren Falle bleiben zirkumskripte Stellen zwischen den verwachsenden Flächen frei, und behalten ihr Endothel. Auf diese Weise entstehen geschlossene Hohlräume, welche natürlich vollständig leer sind, und deren Wände mit einander im engsten Kontackt stehen. In andern Fällen und zwar da, wo die nicht verwachsende Stelle nahe dem Rande des Verwachsungsbezirkes liegt, kommuniziren diese Hohlräume durch verschiedenartig geformte Oeffnungen mit der allgemeinen Peritonealhöhle, und stellen einfache Ausbuchtungen des Peritoneum dar. Das Entstehen von Falten am *colon ascendens* erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass dieser Theil einen beständigen Wechsel seines Volumens erleidet, und in Folge seiner Lage und seiner Verbindung mit dem *ileum* stets das Bestreben haben muss, sich in den untern Theil des Bauchraumes zu senken. In Folge dessen wird sich das nach der Verwachsung übrig bleibende Bindegewebe allmälig in freie Falten ausziehen, welche ganz den Eindruck von Pseudomembranen nach überstandener Peritonitis machen. Man könnte desswegen am *colon ascendens* drei Perioden unterscheiden, wobei in der ersten dasselbe frei an seinem Gekröse hängt, in der zweiten verwächst es fest mit dem Peritoneum der hinter ihm liegenden Theile, und in der dritten lösst sich seine äussere hintere Fläche partiell von der Bauchwand, wobei sich das Bindegewebe zu Falten anspannt. Das eben Gesagte soll aber keinesfalls die Möglichkeit einer theilweisen Translokation des Peritonealüberzuges des *colon* inklusive seines *mesenterium*, in Folge schnelleren Wachsthums, und die Möglichkeit der Bildung von Falten ausschliessen, deren Entstehen auf die Dehnbarkeit und Beweglichkeit des Peritoneum basirt, und wie wir sie, besonders in späteren Altersperioden an bestimmten Darmtheilen speciell am Endstücke des *ileum*, am *processus vermicularis* und am *coecum* antreffen. Diese Theile besitzen transitorische Falten, welche an dieselben vom *peritoneum parietale* der *fossa iliaca* und des kleinen Beckens treten, und deren Bildung man nicht anders erklären kann, als dass z. B. das *coecum* bei jeder Volumszunahme das parietale Bauchfell als Falte nach sich zieht, die nach der Entleerung des Darmes sich wieder ausgleicht; schliesslich mit der Länge der Zeit müssen solche Falten durch die Relaxation ihrer bindegewebigen Grundlage stationär werden.

Ich hielt es für nothwendig die Erklärung des Entstehens und der Metamorphosen der Verwachsung von Peritonealflächen der ferneren Beschreibung vorauszuschicken, zumal da die zweite Hälfte des vierten Embryonalmonates die Zeit ist, von welcher angefangen der untere Abschnitt des *colon ascendens* und das *coecum* gerade diese Veränderungen in progressiver Ausdehnung zeigen.

Aus dem fünften Embryonalmonat untersuchte ich neun Embryonen, drei männlichen, sechs weiblichen Geschlechts, von ihnen maass der kleinste 13,6 Cntm., der grösste 19,3 Cnt. Das *colon ascendens* hat im Grossen und Ganzen seine schief gegen die Mittellinie aufsteigende Richtung nicht wesentlich verändert, nur ist gegen das Ende des Monats die *flexura hepatica coli* schärfer ausgesprochen. Durch sein Längenwachsthum rückt das *coecum* allmählig vor der rechten Niere herab und erreicht zu Ende des Monats entweder den Darmbeinkamm, oder lagert sich schon, vor ihm etwas herabtretend, in dem oberen Theile der *fossa iliaca*. Das *coecum* bildet noch immer den trichterförmigen, nach links gebogenen Uebergang des *colon* in den *processus vermicularis*, zuweilen sieht man aber schon eine leichte blindsackartige Ausbuchtung der Darmwand sich nach unten hervorwölben. Der Wurmfortsatz liegt wie in der vorhergehenden Periode mit seiner Basis hinter und unter dem *ileum*, mit seiner Spitze hängt er frei in das kleine Becken herab, zuweilen ist er vollständig quer gelagert, so dass seine Spitze vor dem *promontorium* die Mittellinie erreicht; sein Anfang ist gewöhnlich etwas eingeschnürt, sonst hat er in seiner ganzen Länge die gleichen Breitendimensionen. Je mehr das *coecum* herabrückt, desto querer stellt sich das *ileum*. Während zu Anfang dieser Periode der Verwachsungsbezirk des *colon ascendens* und der entsprechenden Mesenterialplatte noch ein verhältnissmässig enger ist, dehnt er sich im Verlaufe des Monats immer weiter aus, und erstreckt sich auch auf das *coecum* und den *processus vermicularis*. Wir finden somit bei älteren Embryonen dieser Periode nicht nur das ganze *colon ascendens* und den grössten Theil seines *mesenterium* bis gegen das *ileum* herab fest mit der Niere, dem *duodenum* und der hintern Bauchwand verwachsen, sondern auch die hintere Fläche des *coecum* und das erste Drittel des Wurmfortsatzes, je nach der Lage, mit dem *peritoneum parietale* des *musculus quadratus lumborum*, der *fossa iliaca* und des *musculus psoas major* verlöthet. Die zwei übrigen Drittel des *processus* bleiben frei, und zwar entspricht die Grenze der Verlöthung desselben dem Uebergangspunkte der *vasa vermicularia*. Toldt[1]) machte die Beobachtung, dass bei der Fixirung des Blinddarms im fünften Monat, derselbe stets sehr hoch und zwar noch an der Vorderfläche der rechten Niere lag, bei den von mir untersuchten Embryonen hatte die Verwachsung desselben keinen hemmenden Einfluss auf sein Abwärtsrücken. Das *ligamentum ileo-coecale* und das *mesenteriolum* sind gut zu sehen, beide liegen wegen der queren Stellung des Fortsatzes parallel und dicht aneinander.

Der fünfte Monat ist noch ausgezeichnet durch das Auftreten neuer Falten an den uns

1) Toldt. l. c p. 28.

beschäftigenden Theilen. Wir sehen sie am *colon ascendens* in Form pseudomembranähnlicher Bänder, welche von der seitlichen Bauchwand an die äussere Zirkumferenz des Darmes treten, und die zuweilen so stark ausgebildet sind, dass sich das Darmrohr an solchen Stellen winklich einknickt. An das *coecum* geht eine vom *peritoneum parietale* der *fossa iliaca* vertikal aufwärts ziehende Falte; an den *processus vermiculairs* eine andere, ebenfalls von unten nach oben, sich vom Bauchfell des *psoas* am Rande des kleinen Beckens ablösende. Beide ebenerwähnte Falten, deren Entstehungsweise schon besprochen ist, haben übrigens nichts mit einer dritten gemein, welche in dieser Periode aus dem *mesenterium* des Endstücks des *ileum* sich entwickelt, und je nach dem Geschlecht des Embryo entweder auf dem *psoas* in das grosse oder in das kleine Becken herabläuft, und die *vasa spermatica interna* enthält. Diese letztere Falte, die von Treitz zuerst beschriebene *plica genito-enterica*, liegt immer getrennt und gewöhnlich nach innen von den an das *coecum* und den *processus* tretenden. Sämmtliche eben erwähnte Falten existiren in dieser Periode in der Mehrzahl der Fälle, bei andern Embryonen fehlen sowohl einzelne als auch alle.

Im fünften Monat rückt schon das *coecum* weit gegen die Stelle der *fossa iliaca* herab, welche es später constant einnimmt, es wirft sich deshalb von selbst die Frage auf, was ist die Ursache, welche diese Bewegung hervorruft. Die Antwort kann meiner Meinung nach nur die sein, dass die Ortsveränderung des *colon* und *coecum* nach abwärts einzig und allein in dem gleichzeitigen Wachsthum des Darmes und der Bauchhöhle begründet ist. Bedenkt man, dass das *colon ascendens* wegen seiner Lage, bei Vergrösserung seiner Längendimensionen, nur in einer Richtung, nämlich nach unten, Raum gewinnen kann, und dass gleichzeitig, gerade in dieser und den zunächst folgenden Perioden, eine schnellere Entwickelung des Beckens, zumal des grossen, und der Bauchwände, dem Darme gewissermaassen entgegenkommend, eintritt, so muss die Folge beider Erscheinungen die schliessliche Lage des *coecum* und *colon* in der *fossa iliaca* sein. Beim *coecum* sehen wir dieses allmählige Herabrücken, in Folge seines Wachsthums, auch noch nach der Geburt fortdauern, es kann sogar soweit gehen, dass das grosse Becken nicht mehr Raum für dasselbe hat, und dass der Blinddarm, nach innen ablenkend, theils nur mit seiner Spitze, theils auch mit seiner ganzen Länge die Höhle des kleinen Beckens einnimmt. Treitz[1]) erklärte die Lagenveränderung des *coecum* durch die Verkürzung seines Gekröses in Folge der Senkung der Geschlechtsdrüse. Er basirte sich hierbei auf die Verbindung des *mesorchium* mit dem Peritoneum der hintern Bauchwand und indirekt mit dem Darmgekröse. Als Beweis für seine Meinung sah er die Spannung einer Falte an, welche vom obern Mesorchialrande zum *coecum* oder häufiger zum Endstück des *ileum* geht; er nannte sie deshalb *plica genito-enterica*, mit der Bedeutung eines wahren Leitbandes des Darmes. Die Spannung dieser Falte fand er grösser beim männlichen Geschlecht, beim weiblichen ist sie geringer, und die Falte selbst kürzer. Waldeyer[2]) machte zuerst auf das Unwahrscheinliche der Meinung von Treitz aufmerksam,

1) Treitz. l. c. p. 137.

2) Waldeyer. l. c. p. 90.

und gründete sich erstens, auf die Unmöglichkeit einer Zugwirkung von Seiten solch relativ kleiner Organe wie Hoden und Eierstock, zweitens darauf, dass die *plica genito-enterica* häufig gar nicht oder wenigstens unvollständig vorhanden ist. Man könnte noch zu den Gründen, welche jede Beziehung der Geschlechtsdrüsen zum *colon* und *ileum* ausschliessen, hinzufügen, dass ein *descensus* dieser Drüsen, wie ihn Treitz annimmt, wenigstens in der Bauchhöhle, gar nicht existirt, dass die Falten am *coecum* und *ileum* ganz anderen Vorgängen ihre Entstehung verdanken, und dass sehr oft das *coecum* gar nicht in die *fossa iliaca* eintritt, sondern vor dem *quadratus lumborum* liegen bleibt, die Geschlechtsdrüse aber normal im *scrotum* gelagert ist.

Die Veränderungen des Blinddarmes und Wurmfortsatzes in der zweiten Hälfte des Embryonallebens bis zur Geburt konnte ich an zwanzig theils in Spiritus aufbewahrten, theils im frischen Zustande erhaltenen Embryonen untersuchen. Von ihnen waren 14 männlichen, 6 weiblichen Geschlechts, die Länge derselben wechselte von 22 bis 44,5 Cntm. Im Verlaufe dieses verhältnissmässig langen Zeitraumes stellt sich das *colon ascendens* wie beim Erwachsenen auf, und das *coecum* reicht bei den mehr entwickelten Embryonen schon bis zur Mitte der *fossa iliaca*, wodurch jedoch nicht die Möglichkeit ausgeschlossen ist, dasselbe noch bis zur Geburt mit seiner Spitze erst in der Höhe des Darmbeinkammes anzutreffen. Je nach der Lage des *coecum* verändert sich auch die Richtung des Endes des *ileum*. Das *coecum* hat auch jetzt noch wenig blindsackähnliches, und bildet immer noch die Basis des trichterförmigen Uebergangs des *colon ascendens* in den Wurmfortsatz. Das erste Drittel des letzteren liegt schon nicht mehr hinter, sondern je nach der Entwickelung des *coecum* und der Länge des *mesenteriolum* etwas unter dem *ileum*, demselben parallel, quer über den *psoas major* verlaufend. Die zwei übrigen Drittel hängen vertikal und frei in das kleine Becken herab. Beim Uebergangspunkte des ersten in das zweite Drittel bildet der *processus* eine scharfe Knickung, entsprechend der Stelle, an welcher die *arteria vermicularis* auf ihn übertritt, um von da angefangen längs dem Fortsatz bis zur Spitze zu verlaufen. Der herabhängende Theil ist gewöhnlich völlig leer, nur der Anfangstheil enthält zuweilen *meconium*.

Während der fünfte Monat sich durch die grösste Entwickelung von Verlöthungen an den uns beschäftigenden Darmtheilen auszeichnete, tritt in den folgenden bis zur Geburt ein allmähliger Rückgang der Verwachsungen ein, welcher auf jeden Fall seinen Grund in der Befreiung des Darms durch sein schnelleres Wachsthum hat. Gegen die Geburt findet sich nicht nur die Basis des Wurmfortsatzes und des *coecum* von allen Seiten vom Peritoneum umgeben, sondern auch der Anfangstheil des *colon ascendens* ist gewöhnlich frei, und die Grenze des Uebergangs der Peritorialhülle des Grimmdarms in das *peritoneum parietale* ist fast bis zum Darmbeinkamm emporgerückt. Entsprechend den stärkeren Wachsthumverhältnissen des Darmes sind auch sämmtliche früher besprochene Peritonealfalten mehr entwickelt, bei weiblichen Embryonen kann man die vom *processus vermicularis* nach abwärts gegen den Rand des kleinen Becken ziehende Falte bis zum *ligamentum latum* verfolgen. Zuweilen findet sich in dieser Periode eine bisher nicht erwähnte Falte, welche aus der vor-

dern Platte des *mesenterium* an der Grenze zwischen *ileum* und *colon* sich entwickelt, und entsprechend der Uebergangsstelle dieser beiden Darmtheile auf ihrer vordern Fläche bogenförmig, mit der Konkavität gegen das *ileum*, herabzieht um sich auf der Vorderfläche des *coecum* zu verlieren, sie entspricht einem Aste der *arteria ileo-coecalis*. Meistentheils sind schon vor der Geburt auch die zwischen den Peritonealfalten liegenden Gruben entweder angedeutet, oder auch vollkommen entwickelt, ihre Besprechung behalte ich mir jedoch für später vor.

Bei völlig ausgetragenen Embryonen findet sich folgende Verbreitung der Gefässe — die *arteria ileo-coecalis* spaltet sich nach ihrem Ursprung in drei Aeste, der stärkste nimmt die Richtung gegen das Endstück des *ileum* und versorgt dasselbe mit zahlreichen Zweigen, der zweite schwächere verläuft direkt zur Vereinigungsstelle des *ileum* mit dem *colon*, tritt an diesem Punkte auf die Vorderfläche des Darmes, giebt kleine Zweige auf das *ileum*, in das *ligamentum ileo-coecale* und an das *colon*, und endet sich auf der Vorderfläche des *coecum* verästelnd. Der dritte Ast, die eigentliche *arteria vermicularis*, stärker als der zweite, geht mit ihm parallel aber auf der Hinterfläche der Vereinigungsstelle zwischen *ileum* und *colon* herab, am unteren Rande des *ileum* angekommen oder auch höher tritt er in die Basis des *mesenteriolem*, und verläuft im freien Rande dieser Falte bis an die Spitze des *processus*, wobei er sechs kleine Aeste unter fast rechten Winkeln auf den Wurmfortsatz abgiebt und selbst als der siebente an der Spitze desselben endet. Dieser dritte Ast giebt ausserdem kleinere Gefässe auf die Hinterfläche des *ileum*, *coecum* und *colon*, und rücklaufende Zweige, die durch das *ligamentum ileo-coecale* ziehend, in demselben mit kleinen vom ersten und zweiten Aste entspringenden Arterien anasto mosiren. In den aus der *fossa iliaca* entspringenden Falten sind ebenfalls kleine Arterien eingeschlossen, die ihren Anfang aus den entsprechenden Gefässen der Bauchwand nehmen. Nicht selten variiren die Arterien sowohl der Zahl als auch dem Kaliber nach. Bei einem neunjährigen Kinde ging die *arteria vermicularis* nicht hinter sondern vor dem *ileum* vorüber, wodurch auch die Anordnung und Form der entsprschenden Peritonealfalten die umgekehrte wurde.

Veränderungen des Blinddarms und Wurmfortsatzes beim Menschen nach der Geburt.

Zur bessern Uebersicht theile ich die Vorgänge des weiteren Wachsthums und der Lagenverhältnisse des Darmes nach der Geburt in drei Altersperioden, von welchen die erste Kinder bis zum 14. Lebensjahre, die zweite Subjekte bis zum 49. Jahre, die dritte Personen bis zum 83. Jahre umfasst.

Aus der ersten Periode standen mir 11 Kinder, 7 männliche und 4 weibliche zu Gebote, von denen das jüngste 9 Monate, das älteste 13 Jahre alt waren. Leider war es mir unmöglich sowohl Kinder aus den ersten Lebensmonaten zu untersuchen, als auch die Zahl der Untersuchungen an jugendlichen Individuen überhaupt zu vergrössern. Die Periode,

welche unmittelbar auf die Geburt folgt, ist für die weitere Entwickelung sowohl des ganzen Darmkanales als auch der speziell uns beschäftigenden Theile von der grössten Bedeutung. Die Einnahme von Nahrungsmaterial, sei es im flüssigen Zustande wie in den ersten Monaten, sei es in mehr kompakter Form, zwingt den Darmkanal vermittelst seines schnelleren Wachsthums in allen seinen Dimensionen der aufgenommenen Nahrung eine grössere Fläche zu ihrer Aufsaugung darzubieten. Natürlich ist es vor allem der Dünndarm, welchem bei diesen Veränderungen die Hauptrolle zugetheilt ist, aber auch der Dickdarm giebt uns deutliche Beweise seines Antheils an dem schnelleren Wachsthum. Das *coecum* senkt sich tiefer in die grosse Beckenhöhle und kann schon im 9. Monat mit seiner Spitze die Mitte des *ligamentum Poupartii* erreichen wobei es die ganze *fossa iliaca dextra* einnimmt. In anderen ebenfalls normalen Fällen geht jedoch seine Spitze nicht weit über die Mitte der *fossa iliaca* herab und verbleibt in dieser Stellung für das ganze Leben, der Abstand seiner Spitze von der Mitte des *ligamentum Poupartii* kann hierbei 2—3 Cntm. betragen. Was seine Form anbetrifft, so entwickelt sie sich ebenfalls schnell zu der für die übrige Zeit konstanten, schon im 9. Monat ist der Blindsack deutlich ausgesprochen; der einzige Umstand, welcher an die frühere embryonale Gestalt erinnert, ist der, dass noch eine geraume Zeit, bis gegen das 14. Jahr, die Längsdimensionen des *coecum* theils gleich mit seinen Breitendimensionen sind, theils von letzteren übertroffen werden. Die Verlängerung der Wände des *coecum* scheint für alle Seiten desselben im Allgemeinen die gleiche zu sein, dass die mediale Seite in nichts von den anderen zurücksteht, beweist der Umstand, dass der Anfang des *processus vermicularis* allmählig von der Einmündungsstelle des *ileum* nach unten abrückt, so dass sie schon im 9. Monat, bei einer Länge des *coecum* von 2,6 Cntm., 1,2 Cntm. unter dem *ileum* steht. Uebrigens trifft man in allen Perioden des späteren Alters zahlreiche Fälle, in denen die Basis des Fortsatzes noch unmittelbar unter dem *ileum* liegt, man könnte daraus den Schluss ziehen, dass unter gewissen Verhältnissen der zwischen dem *ileum* und dem *processus* befindliche Theil des *coecum* nach der Geburt sich gar nicht oder nur sehr wenig verlängert. Vielleicht haben auf den letzteren Umstand die Anordnung und die geringere oder stärkere Entwickelung der Längsmuskulatur des Dickdarmes einigen Einfluss. Wie bekannt gehen sämmtliche drei *taeniae longitudinales* des *colon ascendens* schliesslich auf den *processus vermicularis* über, wobei die drei Bündel, die ganze äussere Fläche des Fortsatzes bedeckend, sich eng aneinanderlegen. Die *taenia mesenterialis* geht hierbei gewöhnlich hinter der Einmündungsstelle des *ileum* mit der grössten Masse ihrer Fasern herum, seltener umgreift sie hauptsächlich die vordere Zirkumferenz. Bevor sie auf den Fortsatz übergeht gesellen sich zu ihr ein Theil der Längsfasern des *ileum* und verstärken sie sehr ansehnlich. Die Basis des Wurmfortsatzes befindet sich an der medialen Seite des *coecum* etwas näher der hinteren Fläche als der vorderen, seine trichterförmige Gestalt ist meistentheils verschwunden, und der Anfang des *processus* ist gleichsam wie vom *coecum* abgeknickt; in Folge letzteren Umstandes enthält seine Höhle immer nur Darmschleim, in keiner der von mir gemachten Sektionen fanden sich, bei normal herabhängender Lage, Fäkalmassen in ihm

vor. Während das Längenwachsthum des *processus* in dieser Periode noch stetig fortschreitet und mit ihr die grösste relative Länge erreicht (das embryonale Alter nicht in Betracht gezogen), bleibt seine Breite von jetzt an fast unverändert die gleiche, sie war beim 9-monatlichen Kinde 0,6 Cntm. und beim 13-jährigen 0,7 Cntm. Die Stellung und Form der Peritonealfalten ist dieselbe wie vor der Geburt, zuweilen findet sich noch eine akcessorische, welche von der Basis des *processus* an die unmittelbar unter ihr liegende Blinddarmfläche geht. Als Regel ist anzunehmen, dass ebenso wie beim Kinde, als auch beim Erwachsenen das ganze *coecum* und der Anfangstheil des *colon ascendens*, in der Breite der Einmündung des *ileum*, von allen Seiten vom Peritoneum bedeckt und völlig frei beweglich sind, seltner ist nur das *coecum* frei oder die Uebergangsstelle des *peritoneum parietale* an das *colon* befindet sich in der Höhe des Darmbeinkammes. Ein mit der hinteren Wand an die *fossa iliaca* geheftetes *coecum* ist mir im Alter bis zu 14 Jahren nicht vorgekommen.

Aus der zweiten Altersperiode untersuchte ich 33 Leichen Erwachsener, unter ihnen waren 24 männlichen, 9 weiblichen Geschlechts, das jüngste Individuum war 16, das älteste 47 Jahre alt. In Bezug auf die Lagenverhältnisse der Darmtheile ist selbstverständlich nichts neues hinzuzufügen, da sie die gleichen wie in der vorhergehenden Periode sind. Bei hochstehendem Blinddarm kann die Länge des Abstandes seiner Spitze von der Mitte des *ligamentum Poupartii* bis 8,4 Cntm. betragen, im Mittel wechselt sie zwischen 4,5 und 5 Cntm. Das *coecum* wächst in dieser Periode noch stetig fort und nimmt seine stabile langgestreckte Form an. Während die grösste absolute Länge des *processus vermicularis* bei Kindern 12 Cntm. betrug, besass ein Mann mittleren Alters einen Fortsatz von 18 Cntm. Länge, der längste der mir vorgekommen ist. Häufig findet er sich spiralig gewunden, besonders wenn derselbe durch Gaase oder Darmschleim ausgedehnt ist, der Grund dieser Erscheinung liegt in der verhältnissmässigen Kürze seines *mesenteriolum*, welches die Streckung des Fortsatzes nur bis zu einem gewissen Grade erlaubt, weiter aber ihn zwingt sich in spiralige Windungen zu legen. Zuweilen verschmilzt das *mesenteriolum* mit seiner hinteren Fläche mit dem Peritoneum des *m. psoas*, so dass es den Anschein gewinnt, als ob es aus letzterem seinen Anfang nimmt.

Aus der Zeitperiode, welche das 50. bis zum 83. Jahre umfasst, standen mir zwölf Kadaver zu Gebote und zwar sieben weibliche und fünf männliche. Die Periode charakterisirt sich dadurch, dass bei einer relativ, im Vergleich zu der des mittlern Alters, geringeren Köperlänge, der *processus vermicularis* die überhaupt kürzeste relative Länge besitzt. Auch seine absolute Länge war in drei Fällen auffallend gering (3,3; 3,8 und 4 Cntm.), es lässt sich hieraus mit einiger Wahrscheinlichkeit der Schluss ziehen, dass im höheren Alter eine Atrophie dieses Fortsatzes eintritt. Ganz das Gegentheil ist im höheren Alter mit dem *coecum* der Fall, dasselbe erreicht seine grösste relative Länge. Es hatte in fünf Fällen solche Dimensionen, dass dasselbe nicht mehr im grossen Becken Raum fand, sondern mit seiner unteren Hälfte einen Theil des kleinen Beckens einnahm; hierbei war die obere Hälfte dem *ligamentum Poupartii* parallel gelagert, während die untere im kleinen Becken über

dem Dünndarme lag und die Spitze die Mittellinie berührte. In zwei weiteren Fällen war übrigens der Grund dieser abnormen Stellung nicht die aussergewöhnliche Länge des Blinddarms, sondern eine ungemeine Längszunahme des *colon ascendens*; dieselbe ging bei einem männlichen 50 Jahre alten Kadaver so weit, dass nicht nur ein Theil, sondern das ganze *coecum* mit dem *processus vermicularis* und dem Endstücke des *ileum* im kleinen Becken lag.

Die mittleren Zahlen der Länge des Blinddarmes und Wurmfortsatzes in Beziehung zur mittleren Länge des Körpers bei den verschiedenen Altersklassen sind folgende:

Embryonen vom sechsten Monat bis zur Geburt haben bei einer mittlern Körperlänge

von = 32,3 Cntm.
eine mittlere Länge des *coecum* = 0,7 »
» » » » *processus* = 3,8 »

Kinder bis zum 14. Jahre:

Körper = 60,5 Cntm.
coecum = 2,6 »
processus = 6,6 »

Erwachsene bis zum 49. Jahre:

Körper = 85,0 Cntm.
coecum = 4,5 »
processus = 8,6 »

Erwachsene bis zum 83. Jahre:

Körper = 83,2 Cntm.
coecum = 4,5 »
processus = 6,6 »

Die Bauchfelltaschen am Blinddarme und Wurmfortsatze.

Ich habe mir mit Willen die Betrachtung der an den uns beschäftigenden Darmtheilen vorkommenden Peritonealgruben, trotzdem die meisten von ihnen schon in der Fötalperiode aufzufinden sind, bis nach der Abhandlung sämmtlicher Altersklassen vorbehalten, erstens weil dieselben am deutlichsten und besten an vollkommen entwickelten Personen zu sehen sind, und erst nach vollendeter Aufstellung des Darmkanales eine praktische Bedeutung gewinnen, zweitens um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden. Sämmtliche der jetzt näher zu beschreibenden Gruben sind inconstant, die einen finden sich häufiger, die anderen sel-

tener, wobei der Umstand hervorzuheben ist, dass in vielen Fällen entweder alle fehlen können, oder im Gegentheil alle vorhanden sind. Am geeignetsten zu ihrer Untersuchung sind die Leichen älterer Personen, man kann mit Bestimmtheit darauf rechnen sie an solchen Leichen in der grössten Mannigfaltigkeit anzutreffen. Fettanhäufung im Peritoneum scheint auf die Grösse und Geräumigkeit der meisten von ihnen keinen Einfluss zu haben.

1. Recessus ileo-coecalis superior.

Derselbe wurde zuerst von Luschka[1]) beschrieben, jedoch ohne Namensbezeichnung, als eine den lateralen Umfang des Dünndarmendes gewöhnlich umgreifendes Fältchen, mit ausgeschweiftem freien Rande versehen, welches mit ihm eine enge Spalte begrenzt. Nach aufwärts verliert es sich in die äussere Platte des Gekröses, nach abwärts geht es allmählig in den Ueberzug des Blinddarmes über. Eingeschlossen wird von ihr ein starker Zweig der *arteria ileo-colica*. Bochdalek[2]) meint, dass die Spalte, unter gewissen Umständen, sich zu einer Cyste umgestalten kann, er fand sie an einem 7 Monate alten Foetus $1^1/_3$ Linien tief. Waldeyer[3]) beschreibt sie ebenfalls und giebt ihr den Namen *«fossa ileo-coecalis superior»*, er hat sie ebenfalls und oft in grosser Ausdehnung gesehen; die Falte deckt gleichsam wie ein feines Segel von oben die Einmündungsstelle des *ileum* in das *coecum* zu, und liegt eng der genannten Darmpartie an. Er fand sie bei Embryonen von 5—19 Cntm. Länge stets wohl ausgebildet, bei Erwachsenen verliert sie sich mitunter vollständig, Andeutungen derselben sind aber immer vorhanden. Toldt[4]) nennt die Grube schon im vierten Monat vorhanden, und findet sie an allen Embryonen späteren Alters viel schöner ausgebildet als durchschnittlich bei Erwachsenen, ihre Entstehung schreibt er dem Abheben einer Falte, welche die vorderen Gefässe des Blinddarmes enthält, in Folge des Wachsthums des *coecum* zu.

Ich kann zu diesen Beschreibungen wenig neues hinzufügen, bei Embryonen vom fünften Monat an ist an der Uebergangsstelle des vordern Zweiges der *arteria ileo-coecalis* auf die Vorderfläche des *coecum* ein feines, aus der vorderen linken Platte des *mesenterium* entspringendes Fältchen zu sehen, das sich auf der Vorderfläche des *coecum* verliert und in dessen freiem Rande der genannte Gefässzweig verläuft. Hebt man die Falte ab, so kommt zuweilen eine seichte Grube zum Vorschein, welche nach der Geburt in den meisten Fällen vollständig verschwindet, nur die Gefässfalte bleibt zurück. Ist ausnahmsweise auch die Grube vorhanden, so ist der leiseste Zug an der Falte vollständig hinreichend um sie auszugleichen. Bei Fettanhäufung im *mesenterium* habe ich sie nie gesehen. In einem einzigen Falle, bei einer 64-jährigen Frau, war sie wirklich gut entwickelt, und 2,3 Cntm. tief, die

1) Luschka. l. c. p. 288.
2) Bochdalek. Ueber den Peritonealüberzug der Milz. Archiv von Reichert. 1867, p. 614.
3) Waldeyer. l. c. p. 77.
4) Toldt. l. c. p. 33.

Spitze der trichterförmigen, unter der Falte liegenden Grube war nach oben, dem innern Rande des *colon ascendens* parallel gerichtet, die halbmondförmige Oeffnung sah nach unten und vorn gegen den Mesenterialrand des Vereinigungswinkels zwischen *ileum* und *colon*. Praktische Bedeutung wird diese Grube wohl nie haben.

2. Recessus ileo-coecalis inferior.

Diese Peritonealtasche wurde zuerst von Huschke[1]) beschrieben, als eine zwischen der *plica ileo-coecalis* und dem *mesenteriolum* liegende Grube mit einer nach aufwärts gerichteten Oeffnung. Zum zweiten Male beschrieb sie Luschka[2]) unter der Benennung einer *fossa s. recessus ileo-coecalis*. Nach ihm ist sie am medialen Umfange der Stelle des äusserlichen Zusammenstosses des *ileum* und *coecum* angebracht, bietet eine rundliche Form und beim Erwachsenen eine durchschnittliche Tiefe von 3 Cntm. dar. Sie ist begrenzt nach aussen durch das Ende des Dünndarms, nach innen durch das Ende des *mesenteriolum*, nach oben durch eine Falte (*plica ileo-coecalis*), welche eine Fortsetzung des *mesenteriolum* darstellt, und in die mediane Platte desjenigen Abschnittes vom Gekröse übergeht, welcher sich an die Konkavität des Dünndarmendes anschliesst. Das obere sehr spitz auslaufende Ende der Falte, welches an dem lateralen Umfange des Dünndarmes emporsteigt, verliert sich allmählig in dessen seröse Umhüllung, das untere Ende geht in die äussere Lamelle des *mesenteriolum* über. Die Oeffnung ist nach abwärts gegen die Höhle des kleinen Beckens gerichtet. Er glaubt, dass diese Falte den Zweck habe die Stellung des *ileum* zu sichern und die etwa nöthigen Lagenveränderungen desselben zu vermitteln. Treitz[3]) hat allem Anschein nach die *fossa ileo-coecalis inferior* nicht gekannt, da er ausdrücklich pag. 107 nur von Bauchfelltaschen spricht, welche hinter oder unter dem *coecum* sich befinden, wobei die innere unter die Vereinigungsstelle des *ileum* mit dem *coecum* zu stehen kommt. Obgleich er meint dass seine innere Tasche sehr ähnlich der von Huschke in dieser Gegend beschriebenen ist, so giebt er doch einen Unterschied zu, da seine Tasche sich nach abwärts öffnet, die von Huschke beschriebene sich nach aufwärts. Wir werden später sehen, dass sie in der That nichts mit der *fossa ileo-coecalis inferior* gemein hat. Bochdalek[4]) meint, um den Widerspruch in den Angaben von Huschke und Luschka bezüglich der Richtung der Oeffnung des *recessus* zu erklären, dass in den Fällen, in welchen die *arteria vermicularis* hinter dem *ileum* verläuft, die Oeffnung nach aufwärts, in anderen, wo sie vor dem Endstücke des *ileum* vorüberzieht, die Oeffnung nach abwärts gerichtet ist. Waldeyer[5]) beschreibt die Tasche und die sie bestimmenden Falten ähnlich wie Luschka, nur dass er das *mesenteriolum* aus dem linken Blatte des Dünndarmgekröses ausgehen lässt. Nur in einzelnen Fällen sah er

1) Huschke. Eingeweidelehre. Soemmerings Handbuch. 1844, p. 198.
2) Luschka. l. c. p. 287.
3) Treitz. l. c. p. 107.
4) Bochdalek. l. c. p. 612.
5) Waldeyer. l. c. p. 78.

Abweichungen von der oben beschriebenen Form und beschreibt drei derselben. Toldt[1]) erklärt sich vollständig einverstanden mit den Mittheilungen Waldeyers und fügt noch hinzu, dass die später so häufig auftretenden Modifikationen des *recessus inferior* jedenfalls auf die sehr variabele Art der Anheftung des Blinddarmes und Wurmfortsatzes, sowie auf die theilweise Verlöthung des *mesenteriolum* und der *plica ileo-coecalis* zurückgeführt werden müssen. Henle[2]) beschreibt den *recessus* unter dem Namen *«fossa subcoecalis»* als einen bis 7 Cntm. langen Blindsack, der in dem *mesocolon dextrum* emporsteigt.

Um die Möglichkeit zu haben den *recessus ileo-coecalis inferior* und seine Modifikationen zu verstehen, und um dieselben von anderen in seiner Nachbarschaft vorkommenden Bauchfelltaschen schärfer trennen zu können, komme ich nochmals im Kurzen auf die Entwickelung der Peritonealfalten im Winkel zwischen *ileum* und *coecum* zurück. Wie gesagt findet sich das *ligamentum ileo-coecale* schon in dem Zeitraume nach der sechsten Woche des Embryonallebens als kaum angedeutete Falte zwischen der äussern linken Fläche des *ileum*, an dem dem Ansatze des *mesenterium* entgegengesetzten Rande, und der Basis des Wurmfortsatzes. Die anfangs horizontal gestellte Falte wird jedoch bald, gleichzeitig mit der Querstellung des *processus vermicularis*, über die vordere Fläche des *ileum* nach oben gezogen, und legt sich in Folge dessen platt an das *ileum* an, mit demselben einen Raum bildend, welcher den *recessus ileo-coecalis inferior* vorstellt. In dieser Lage hat die Falte vorerst keine anderen Beziehungen zum *mesenteriolum*, als dass ein Theil ihres sich an die Basis des Wurmfortsatzes ansetzenden Randes etwas auf die Anfangs hintere (später vordere) Fläche seines *mesenteriolum* verzogen wird. Die Falte bleibt in dieser Stellung bis zur Periode der Formation eines *colon ascendens*, in ihr sinkt sie auf Grund der Translokation des Wurmfortsatzes, zusammen mit ihm und dem *mesenteriolum*, ebenfalls nach abwärts und nimmt ihren früheren Platz zwischen der unteren Fläche des *ileum* (der früheren linken, dann oberen, dann äusseren) und der Basis des Wurmfortsatzes aufs neue ein. Die einzige Neuerung bei diesem Vorgange ist, dass das *ligamentum ileo-coecale* von diesem Zeitraume an in enger Beziehung zum *mesenteriolum* steht und vor demselben liegt, und dass der *recessus*, welcher früher nur als Zwischenraum zwischen der Falte und der vorderen oberen (jetzt hinteren) Ileumfläche existirte durch die Senkung des *mesenteriolum* in letzterem eine dritte Wand erhalten hat. Es ist selbstverständlich, dass bei der weiteren Entwickelung des *coecum* und der allmähligen Entfernung des Basaltheils des Wurmfortsatzes vom Endstück des *ileum*, ein Theil der Ansatzlinie des *ligamentum ileo-coecale* auch auf das *coecum* übergehen wird, so dass wir die Falte in späteren Perioden als ziemlich laxe Peritonealduplikatur vorfinden, welche verschieden weit vom *coecum* vom unteren Rande (Fläche) des *ileum* entspringt, in einer Ansatzlinie bis zum Ende des *ileum* verläuft, auf das *coecum* übergeht, und an der Basis des *processus vermicularis* endet, oder noch eine Strecke weit auf der Vorder-

1) Toldt. l. c. p. 34.
2) Henle. Grundriss der Anatomie des Menschen. 1880, p. 392.

fläche des *mesenteriolum* wieder gegen das *ileum* zurückläuft. Jeder Hohlraum, welcher sich zwischen der hinteren Fläche dieses Bandes und der vorderen des *mesenteriolum* befindet, ist als *recessus ileo-coecalis* aufzufassen. Die Modificationen der Bauchfelltasche sind aus Obigem leicht zu verstehen. Fängt die Basis des *mesenteriolum* hoch aus der hinteren rechten Platte des Gekröses an, so erstreckt sich die Höhlung des *recessus* hinter der hinteren Fläche des *ileum* bis zur Ansatzstelle des *mesenterium* oder noch höher empor, verwächst jedoch die vordere Platte des *mesenteriolum* mit der hinteren Fläche des *ileum*, so befindet sich der *recessus* nur zwischen *ligamentum ileo-coecale* und *mesenteriolum*. Endet die Ansatzlinie des *ligamentum ileo-coecale* an der Basis des Wurmfortsatzes, so ist die Oeffnung des *recessus* sehr weit, läuft sie eine Strecke auf dem *mesenteriolum* empor, so verengert sich dem entsprechend auch die Oeffnung. Eine Reihe anderer Varietäten erhalten wir durch anomale Verwachsungen des *ligamentum ileo-coecale*. Verwächst dasselbe noch während seines platten Anliegens an dem *ileum* mit letzterem, so entsteht eine verhältnissmässig nicht seltene Form des *recessus* als enge, ziemlich lange, trichterförmige Tasche, welche sich zwischen der hinteren unteren Fläche des *ileum* und dem sehr schmalen auf das *ileum* zurücklaufenden *ligamentum ileo-coecale* befindet, die Oeffnung ist hierbei normal gegen das *ileum* gerichtet. Eine solche Modifikation beschreibt, wenn ich recht verstehe, Waldeyer[1]) unter № 1. Zuweilen verwächst die hintere Fläche des *ligamentum ileo-coecale* an verschiedenen Stellen mit dem *mesenteriolum*, wobei, wenn der Rand ersterer Falte theilweise frei bleibt und nur durch die Verwachsung verzogen wird, zwei und mehr *recessus* vor dem *mesenteriolum* entstehen, deren Oeffnungen und Hohlräume die verschiedenste Richtung haben können. Beispielshalber erwähne ich mehrere mir vorgekommene Fälle, in welchen das *ligamentum ileo-coecale* so vollständig mit dem *mesenteriolum* verwachsen und sein Ansatz an das *ileum* so wenig ausgebildet war, dass der *recessus* an der hinteren Fläche des *ileum* nur zwischen dem Darme und der Vorderfläche des *mesenteriolum* nach oben verlief. Verschmilzt umgekehrt das *mesenteriolum* mit dem *peritoneum parietale* des *psoas*, so erhalten wir denselben *recessus* zwischen *ligamentum ileo-coecale*, *peritoneum parietale* und hinterer Fläche des *ileum*, zuweilen hoch an der hinteren Wand des *colon ascendens* emporsteigend. Sehr selten, wie es scheint, verwächst nur der freie Rand des *ligamentum ileo-coecale* mit dem *mesenteriolum*, auf diese Weise entsteht ein geschlossener Hohlraum, welcher auch praktisches Interesse gewinnen kann, als Beweis dient die bei Luschka zitirte Beobachtung von Schott[2]), wo sich der genannte Hohlraum in eine mit fadenziehender Flüssigkeit gefüllte bis apfelgrosse Cyste verwandelt hatte, welche durch ihren Druck das *ileum* verschloss und zur Todesursache wurde. Zuweilen verwächst das *ligamentum ileo-coecale* vollständig mit dem *mesenteriolum*, dann ist auch vom *recessus* keine Spur mehr zu finden; in zwei Fällen von *transpositio viscerum* war das Ligament in einem völlig, im anderen bis auf geringe Resi-

1) Waldeyer. l. c. p. 79.
2) Schott. Wochenblatt der Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. 1862, № 44.

duen verschwunden, ebenso der *recessus*; das *mesenteriolum* nahm seinen Anfang aus der hinteren linken Platte des *mesenterium*.

3. Recessus postcoecales und postiliaci.

Ich fasse unter dieser Benennung die verschiedenartigsten in der Gegend der uns beschäftigenden Darmtheile befindlichen Peritonealgruben zusammen, da ihr Entstehen, mögen sie liegen wo sie wollen, immer ein und dasselbe ist. Die Entwickelung sämmtlicher dieser Gruben ist, wie ich schon früher angegeben habe und wie es zuerst von Toldt bewiesen wurde, ausschliesslich der unvollständigen Verlöthung des *colon ascendens*, des *ileum* und des an sie tretenden Theiles des Gekröses mit dem *peritoneum parietale* im embryonalen Alter zuzuschreiben. In Folge dessen sind diese Gruben schon sehr frühzeitig vorhanden, mit dem allgemeinen Wachsthum des Körpers vergrössern sie sich, und erreichen zuweilen im späteren Alter eine kolossale Ausdehnung. Man könnte noch eine andere Art ihres Entstehens annehmen, es ist möglich, dass sie sich noch in späteren Perioden entwickeln, dadurch, dass bei starker Ausdehnung des Darmes derselbe sich stellenweise vom *peritoneum parietale* löst und sich ein Raum bildet, dessen Wände mit Endothel bedeckt werden. Zu letzterer Annahme zwingt mich die Beobachtung, dass bei Kindern bis zum 14. Jahre diese Räume sich seltener vorfinden, während sie bei älteren Personen sehr oft in grosser Anzahl und Ausdehnung auftreten, obgleich übrigens auch in diesem Alter nicht selten Subjekte vorkommen können, in denen nicht ein einziger vorhanden ist. Der hohe oder tiefe Stand des *coecum, colon ascendens* und *ileum* und Varietäten des Uebergangs des Peritoneum des Darms in das *peritoneum parietale* scheinen auf ihr Vorkommen wenig Einfluss zu haben.

Häufig findet sich in der *fossa iliaca* eine Bauchfellfalte, welche von der Basis des Wurmfortsatzes und der unter ihr liegenden Fläche des Blinddarms ausgeht, und nach unten in das *peritoneum parietale* der *fossa iliaca* entlang der vorderen Fläche des *musculus psoas major* übergeht. Zuweilen verliert sich diese Falte mehr nach aussen auf dem *musculus iliacus internus*, zuweilen steigt sie mehr nach innen auf dem Rande des kleinen Beckens herab, bei Frauen geht sie im letzteren Falle in das *ligamentum latum* über; manchmal existiren auch statt einer zwei Falten, eine innere und eine äussere. Ich benutze die Stellung dieser Falte, um die in der *fossa iliaca* vorkommenden Peritonealtaschen in zwei Gruppen zu theilen. In die erste rechne ich sämmtliche Gruben, welche nach aussen von der eben beschriebenen Falte liegen und unter und hinter dem *coecum* und hinter dem *colon ascendens*, näher der äusseren Fläche desselben, vorkommen (*recessus postcoecales*). Die zweite Gruppe der Peritonealgruben befindet sich nach innen von der Falte; dieselben liegen hinter dem *mesenteriolum* also auch hinter dem Endstücke des *ileum*, und erstrecken sich nach oben entlang der innern hintern Fläche des *colon ascendens* (*recessus postiliaci*).

a. Recessus postcoecales.

Meines Wissens nach ist Treitz[1]) der erste, der eine solche Tasche beschrieb, er findet sie hinter oder unter dem *coecum*, und nennt sie deshalb *fossa subcoecalis*. Manchmal stellt sie nur eine seichte Vertiefung, manchmal aber einen fingerlangen Sack dar, dessen Grund zwischen den Blättern des *mesocolon ascendens* eingeschoben ist. Ihre Mündung sieht stets nach vorn und abwärts gegen das freie Ende des Blindsacks; der Rand der Oeffnung ist meist flach und bildet nur selten einen klappenähnlichen Vorsprung. Der wurmförmige Fortsatz fand sich nicht selten in die Tasche zurückgeschlagen. Gruber[2]) beschreibt die *fossa subcoecalis* unter dem Namen einer *retroeversio hypogastrica dextra s. inferior dextra* und findet sie als die am wenigsten constante. Langer[3]) fand sie nur dann, wenn das *coecum* und *colon ascendens* in grösserer Ausdehnung frei sind; Luschka[4]) erwähnt ebenfalls eine taschenartige Ausstülpung — *fossa subcoecalis* — vollständig im Sinne von Treitz. Waldeyer[5]) stellt als Charakteristikum des *recessus* auf, dass seine Lage immer tief unter dem *coecum* an der Uebergangsstelle in das *colon ascendens* ist, er fand zuweilen auch zwei Taschen statt einer, constant ist die Eingangsöffnung gerade nach abwärts oder nach links gerichtet, niemals nach rechts, die Tasche findet sich am wenigsten regelmässig. Während alle bisher zitirten Beobachter nur von offenen Bauchfelltaschen sprechen, macht Toldt[6]) allein darauf aufmerksam, dass solche Taschen aber in völlig geschlossenem Zustande sowohl an der lateralen Seite des *colon ascendens* und ebenso an der lateralen und medialen Wand des *coecum* zur Beobachtung kommen.

Eine besondere Bedeutung hat für das Vorkommen der unter und hinter dem Blinddarme befindlichen Taschen eine Peritonealduplikatur, welche häufig von der seitlichen Bauchwand vor und oberhalb der *spina ilei anterior superior*, zuweilen aufwärts bis zur Niere, ihren Anfang nimmt und sich an die äussere Zirkumferenz des *coecum* und *colon ascendens* ansetzt. Dieses Band wurde zuerst von Huschke als *ligamentum intestini coeci* beschrieben. Seine Entstehung verdankt es ebenfalls der im Embryonalalter auftretenden Verlöthung der genannten Darmtheile mit einem Abschnitte der Bauchwand, und wird erst später durch den weiteren Wachsthum des Darmes zum freien Bande ausgezogen. Der Theil der Oberfläche des *coecum* und *colon ascendens*, welcher unmittelbar unter und nach innen und hinten von der Ansatzlinie dieses Bandes liegt muss am häufigsten von dem Verschmelzungsprozesse mit dem *peritoneum parietale* des *musculus iliacus internus* und *quatratus lumborum* frei bleiben, als Beweis dienen die in dieser Gegend vorkommenden sowohl offenen

1) Treitz. l. c. p. 107.
2) Gruber. Medizinische Zeitung Russlands. 1859, № 7, p. 52 und 53. — Petersburger medizinische Zeitschrift. 1861, p. 218.
3) Langer. Wochenblatt der Gesellschaft der Wiener Aerzte. 1862, № 17, p. 129.
4) Luschka. l. c. p. 154.
5) Waldeyer. l. c. p. 82.
6) Toldt. l. c. p. 26 und 38.

als geschlossenen Taschen. Die Zahl der offenen ist sehr wechselnd, am häufigsten eine oder zwei, selten drei nebeneinander. Immer findet sich die Oeffnung einer solchen Tasche hinter dem *coecum*, oder wenn letzteres vollkommen frei ist hinter dem *colon ascendens*, an der Uebergangslinie des *peritoneum parietale* auf die hintere Wand des Darms. Die Oeffnungen sind gewöhnlich sehr klein, rund oder oval, meistentheils sind sie von halbmondförmig vorspringenden kleinen Peritonealfalten umgeben, zwischen denen die Oeffnung so gestellt ist, dass sie näher dem Darme als der *fossa iliaca* liegt. Die Folge davon ist, dass bei herabhängendem *coecum* die die Oeffnung einschliessenden Falten sich platt an den Darm anlegen, so dass der Eingang in die Tasche nur bei starkem Abziehen des Darms sichtbar wird, eine Einrichtung welche auch praktisches Interesse dadurch gewinnt, dass eben wegen dieser eigenthümlichen Stellung der Oeffnung die Bildung einer *hernia retroperitonealis* fast zur Unmöglichkeit wird. Die Lage der Eingangsmündungen ist hinter dem *coecum* an keine bestimmte Stelle gebunden, sie finden sich ebenso oft unmittelbar nach aussen von der vom *processus vermicularis* abwärts ziehenden Falte, als auch in der Nähe der *spina ilei*. Die Form des Hohlraums ist ebenfalls sehr verschieden, am häufigsten findet sich die in die Länge gezogene, wobei er sich dicht über der Oeffnung erweitert; bei sehr weiter Oeffnung ist der Raum sehr kurz. Seine Länge ist gewöhnlich sehr gering, obgleich auch welche von 2,5 bis 4 Cntm. und darüber vorkommen können. Den längsten *recessus postcoecalis* traf ich in der Leiche einer 74 Jahre alten Frau, beiderseits mit kolossalen äusseren Leistenbrüchen behaftet, er lag mehr nach aussen unter dem *ligamentum intestini coeci*, seine kreisförmige Oeffnung war etwas nach innen und vorn gerichtet, der Raum war 9 Cntm. lang, die blinde Spitze endete nach aussen und unten von dem unteren Rande der rechten Niere. Die Richtung der Höhle ist gewöhnlich von innen und unten nach aussen und oben, seltener von unten nach oben, noch seltener eine rein quere parallel der Uebergangslinie des Peritoneum. Befindet sich der *recessus* mehr nach innen gegen den *psoas* zu, so bestehen seine Wände nur aus dem Bauchfell des Darmes und der *fossa iliaca*, liegt er mehr nach aussen so tritt als dritte Wand die Innenfläche des *ligamentum intestini coeci* hinzu. Die Spitze des *recessus* ist entweder stumpf oder fein ausgezogen, immer stehen die Wände völlig mit einander in Kontakt. Manchmal findet man mehrere sehr seichte *recessus* nebeneinander gelagert, wobei die die einzelnen Gruben trennenden Peritonealfalten narbenartig verdickt erscheinen, ganz ähnlich wie beim *recessus intersigmoideus*.

Ganz dasselbe manigfaltige Bild wie die offenen bieten die hinter dem *coecum* und *colon ascendens* sich vorfindenden völlig geschlossenen Peritonealräume. Sie liegen hinter dem *ligamentum intestini coeci*, zwischen ihm, einer freien Peritonealfläche des Darms und dem Peritoneum der hinteren Bauchwand und *fossa iliaca*. Die Richtung dieser langgestreckten Hohlräume ist von unten nach oben gehend, ihr unteres Ende befindet sich dicht über der Uebergangslinie des Bauchfells auf den Darm, das obere kann bis zum unteren Rande der rechten Niere reichen. Manchmal findet sich nur ein Hohlraum, in anderen Fällen zwei, ein unterer und ein oberer; ihre Breite ist sehr wechselnd, bei sehr geräumigen finden

sich im Innern stellenweise pseudomembranenähnliche Adhäsionen des Darmes mit dem *peritoneum parietale*, durch welche der Raum in einzelne untereinander kommunizirende Fächer getheilt wird. In keinem Falle fand ich in diesen Höhlen einen Inhalt, die grösste, ebenfalls bei einer alten Frau, mass 5,3 Cntm. in der Länge und 1,8 Cntm. in der Breite.

b. Recessus postiliaci.

Obgleich die Peritonealtaschen, welche nach innen von der von der Basis des Wurmfortsatzes und dem *coecum* nach abwärts ziehenden Falte liegen, den gleichen Grundihres Auftretens mit den hinter dem *coecum* postirten haben, kommen dieselben doch viel seltener vor. Die Ursache dieser Erscheinung ist schwierig zu erklären, vielleicht liegt sie erstens: in der verhältnissmässig selten eintretenden Verschmelzung des Endstückes des *ileum* mit dem *peritoneum parietale* des *psoas*, und zweitens: in der regelmässig vollständigen Verklebung des rechten Blattes des *mesocolon ascendens* mit dem Peritoneum der rechten Bauchwand. Treitz[1]) ist der erste, welcher eine solche Tasche beschreibt «in selteneren Fällen findet man sogar zwei Taschen an dieser Stelle, die dann zu beiden Seiten des *mesenterium appendicis vermiformis* liegen; die innere kommt unter die Vereinigungsstelle des *ileum*, mit dem *coecum* zu stehen». Toldt[2]) ist nach Treitz der einzige, welcher solche *recessus* auch an der medianen Seite des *coecum* beobachtet hat. Mir sind dieselben nur in drei Fällen vorgekommen. Im ersten, an der Leiche einer 74-jährigen Frau, lag das Endstück des *ileum* im kleinen Becken, und von der hinteren rechten Fläche seines *mesenterium*, 7,2 Cntm. über dem Ansatze an den Darm, entsprangen hinter dem Anfange des *mesenteriolum* zwei Falten, welche parallel mit einander in das kleine Becken zogen. Die innere enthielt die *vasa spermatica*, die äussere war die gewöhnlich von der Basis des Wurmfortsatzes nach abwärts tretende. Zwischen den scharfen Rändern beider befand sich eine ovale Oeffnung nach unten und innen gerichtet; dieselbe führte in einen 2,7 Cntm. langen Hohlraum, dessen blindes fast horizontal nach aussen gerichtetes Ende sich unter der innern hinteren Fläche des *colon ascendens* befand. Im zweiten Falle, an der Leiche eines 43-jährigen Mannes, existirte ein 4 Cntm. breites *mesocolon ascendens*, das Endstück des *ileum* lag vollständig quer vor dem *psoas* und war mit dem *peritoneum parietale* verschmolzen. Am unteren Rande des *ileum*, dicht hinter und nach innen von dem an die Basis des *processus vermicularis* tretenden Theil des *mesenteriolum*, befand sich in dem zwischen *psoas* und *ileum* liegenden Bauchfell eine kleine rundliche Oeffnung, welche in einen geräumigen hinter dem *ileum* 2 Cntm. nach oben verlaufenden *recessus* führte. Der dritte Fall stimmt fast ganz mit dem zweiten überein, auch hier war das Endstück des *ileum* mit dem parietalen Bauchfell verschmolzen. Wie es mir scheint haben diese Fälle eine gewisse Aehnlichkeit mit den beiden (II und III) Varietäten des *recessus ileo-coecalis inferior*, welche Waldeyer auf Seite 80 beschreibt.

1) Treitz. l. c. p. 107.

2) Toldt. l. c. p. 38.

Dass hinter dem *mesenteriolum* des *processus vermicularis* auch völlig geschlossene Hohlräume vorkommen können, als Beweis dient folgender Fall, der einzige, den ich beobachten konnte. Bei der Untersuchung eines 21-jährigen männlichen Kadavers, dessen Bauchfell die Spuren einer alten Peritonitis an sich trug, fand sich, bei vollständig normalem Verhalten des *ligamentum ileo-coecale*, das *mesenteriolum* in zwei Platten getheilt, in eine obere linke, welche die *arteria vermicularis* enthielt, und in eine untere rechte. Beide Platten vereinigten sich unter spitzem Winkel, und gingen an das *peritoneum parietale* des kleinen Beckens; zwischen ihnen befand sich ein völlig leerer Hohlraum, dessen Spitze ungefähr der Richtung der *vasa iliaca interna* entsprach. Da in diesem Falle fast der ganze Wurmfortsatz im kleinen Becken lag, so kann man sich die Bildung des Hohlraums nur durch die Verschmelzung des *mesenteriolum* und der von unten an die Basis des *processus* tretenden Falte mit der *plica genito-enterica* erklären.

Von selbst wirft sich die Frage auf ob die hinter dem *coecum* und *ileum* liegenden Peritonealgruben eine praktische Bedeutung haben, oder mit anderen Worten, ob die Möglichkeit vorhanden ist, dass durch sie an diesen Stellen sich eine *hernia retroperitonealis* bilden kann. Diese Frage kann nur bejahend beantwortet werden, obgleich bis jetzt, so weit mir bekannt, in der Literatur nur ein einziger Fall verzeichnet ist, in welchem eine solche Grube einen Bruch enthielt. Es ist der von Snow (zitirt bei Treitz), die *hernia retroperitonealis* hatte sich in einem äusseren *recessus postcoecalis* bei einer im achten Monate schwangeren Frau gebildet, und wurde zur Todesursache. Ein zweiter ebenfalls bei Treitz angeführter Fall von Joh. Wagner scheint, wie Treitz bemerkt, nicht in diese Kategorie zu gehören.

Fossa coecalis (Waldeyer).

Präparirt man das *peritoneum parietale* in der *fossa iliaca* weg, so kann man sich leicht davon überzeugen, dass die den *musculus iliacus internus* bedeckende Fascie aus zwei Portionen besteht. Der Theil der Fascie, welcher die obere Hälfte des Muskels bedeckt ist sehr schwach entwickelt, und von laxer Beschaffenheit, während im Gegentheil die untere bis zum *ligamentum Poupartii* reichende Hälfte eine straffe und feste Fascie darstellt. An der Uebergangsstelle beider Hälften, ungefähr in der Mitte der *fossa iliaca*, bildet der untere festere Theil einen halbmondförmigen, mit der Konkavität nach oben gerichteten, scharfen Rand, indem die Fascie, statt sich in die Furche zwischen *psoas* und *iliacus* zu senken, brückenartig über dieselbe hinweggeht. Gewöhnlich geht das Bauchfell völlig plan über beide Hälften hinweg, im selteneren Falle stülpt es sich jedoch, entsprechend dem schwächeren Theile der Fascie, etwas gegen den *musculus iliacus* ein, oder sogar unter den halbmondförmigen Rand herab. Auf diese Weise entsteht, im Falle, dass das *coecum* und ein Theil der hinteren Fläche des *colon ascendens* frei sind, auf dem oberen Theile des Bauchfells der Darmbeingrube eine die ganze Breite des *musculus iliacus internus* einnehmende

und mehr oder weniger tiefe Grube, in welche sich die hintere Wand der betreffenden Darmtheile etwas ausbauscht. In anderen Fällen ruht nur das *coecum* mit seiner Spitze in der Grube, oder sie beherbergt den dislozirten *processus vermicularis;* in noch anderen, und zwar bei Hochstand des *coecum*, können in ihr sich auch Schlingen des *ileum* befinden. Die Peritonealgrube, aber nicht der scharfe Rand der *fascia iliaca* fehlt, wenn *coecum* und *colon* sich unter dem *peritoneum parietale* befinden; sie kommt auf beiden Seiten vor, am exquisitesten fand ich sie immer bei Hochstand des *coecum* ausgebildet. Das *ligamentum intestini coeci* kann die Grube allerdings vergrössern, indem es von der Bauchwand auch theilweise in den äusseren Theil der sichelförmigen Peritonealfalte übergeht, steht aber sonst in weiter keiner Beziehung zu ihr; ganz dasselbe ist der Fall mit der vom *coecum* und Basis des Wurmfortsatzes nach unten gehenden Falte, welche, indem sie sich quer stellt, den linken innern Theil der Grube zuweilen vergrössern hilft. Ebensowenig haben zu ihr eine bestimmte Beziehung die *recessus postcoecales*, manchmal kommen beide gleichzeitig vor, wobei die Oeffnungen der *recessus* in den oberen Theil der *fossa coecalis* münden können, ein solcher Fall ist bei Waldeyer Seite 81 beschrieben. Die Grube ist schon eine geraume Zeit bekannt, der erste, der sie erwähnt, und zwar speziell als durch das Verhalten der *fascia iliaca* hervorgerufen, ist Hesselbach[1]; durch ihre Ausstülpung trat seine *hernia femoralis externa* unter die Fascie. Huschke beschreibt sie als bestimmt zur Aufnahme des *coecum*; Treitz kennt sie ebenfalls, meint aber dass sie nur bei Kindern und jüngeren Personen vorkomme; Biesiadecki[2]) nennt sie *f. iliaco subfascialis*, Gruber identificirt dieselbe mit der bei Hesselbach erwähnten; Langer und Waldeyer beschreiben sie in ihrer Beziehung zum *coecum*. Ihre praktische Bedeutung ist eben angegeben.

Im Folgenden gebe ich das Häufigkeitsverhältniss der verschiedenen Peritonealgruben wie ich es bei meinen Untersuchungen vorfand, hierbei sind sowohl sämmtliche Fälle ausgeschlossen, in denen das Bauchfell die Residuen einer überstandenen Peritonitis darbot, als auch andere, in welchen die Gruben nur andeutungsweise vorhanden waren.

Unter 56 Leichen, welche die Altersperioden vom 9-monatlichen Kinde bis zum 83. Jahre umfassten, fand sich:

der	*recessus ileo-coecalis superior*	in	6 Fällen
»	*recessus ileo-coecalis inferior*	»	49 »
»	*recessus postcoecales*	»	10 »
»	*recessus postiliaci*	»	3 »
»	*fossa coecalis*	»	5 »

1) Hesselbach. Die Lehre von den Eingeweidebrüchen. 1829, tom. I, p. 57.

2) Biesiadecki. Untersuchungen aus dem path.-anatomischen Institute in Krakau. II. p. 19—31. 1872.

Bildungshemmungen des Wurmfortsatzes und Blinddarms.

Verhältnissmässig sehr häufig, aber doch nicht so oft, um diese Bildung zu den normalen Erscheinungen rechnen zu können, findet man den Wurmfortsatz, statt dass er frei in die Höhle des Beckens herabhängt, nach oben gerichtet, und mehr oder weniger fest mit der hinteren Wand des *coecum* und *colon ascendens* verwachsen. Diese Stellung erklärt sich leicht, wenn man mit den Lagenverhältnissen desselben im embryonalen Zustande bekannt ist, und kann nur als Bildungshemmung aufgefasst werden. Wir haben früher gesehen, dass in der ersten Hälfte des 4. Embryonalmonates der Wurmfortsatz vollkommen dem zu dieser Zeit noch transversal liegenden *colon ascendens* parallel gestellt ist, und sich oberhalb desselben befindet. Statt im Verlaufe des 4. Monats allmählig hinter dem *colon* nach abwärts zu sinken, verbleibt der *processus* in der zu Anfang des Monats innegehabten Lage, und kommt in Folge dessen, da das *colon* seine Axendrehung nichtsdestoweniger durchführt, später bei der Aufstellung eines wirklichen *ascendens*, hinter dasselbe mit seiner Basis nach unten mit seiner Spitze nach oben gerichtet zu liegen. Er bleibt in dieser Stellung für das ganze Leben, wobei er je nachdem das *colon* und *coecum* entweder frei bleiben, oder mit dem *peritoneum parietale* an ihrer hinteren Wand verschmelzen, entweder ebenfalls frei und an einem sehr kurzen *mesenteriolum* aufgehängt ist, oder er befindet sich im zweiten Falle vollkommen unbeweglich, eingebettet in das Bindegewebe, welches die hintere Fläche des Blind- und Grimmdarms mit der Bauchwand verbindet. Existirt sein *mesenteriolum*, so ist dasselbe gewöhnlich für die zwei ersten Drittel des Wurmfortsatzes schmal, und nur für die Spitze soweit verbreitert, dass es derselben erlaubt etwas nach abwärts zu sinken. Auf diese Weise findet man häufig Fälle, in denen der *processus* statt vollkommen gerade gestreckt nach oben zu verlaufen, die Form eines Hufeisens annimmt, wobei seine Spitze gewöhnlich nach innen von dem aufwärtsgerichteten Basaltheil herabhängt. In allen hierhergehörigen und vollkommen ausgesprochenen Fällen, nimmt das *mesenteriolum* seinen Ursprung entweder direkt aus der Peritonealbekleidung der hinteren Fläche des *colon ascendens*, oder wenigstens aus dem Theile der rechten Platte des *mesenterium*, welches (für den Fall eines hohen Standes der Uebergangsstelle des *peritoneum parietale* auf den Darm) dem *colon ascendens* dicht über der Eintrittsstelle des *ileum* zunächst liegt. Befindet sich der *processus* unter dem *peritoneum parietale*, so fehlt gewöhnlich auch das *mesenteriolum*. Je nachdem die normal vor sich gehende Translokation des Wurmfortsatzes hinter dem *colon* nach abwärts in ihrem Fortschritte aufgehalten war, kann auch die Lage desselben variiren. So sehen wir ihn häufig nur hinter dem *coecum* liegen, und zwar meistentheils zusammengerollt und mit entwickeltem *mesenteriolum*; oder er befindet sich nach aussen und hinten vom *coecum* und *colon*, wobei, da durch den Wachsthum der Bauchwand ein Theil des *mesenteriolum* mit zur Vergrösserung des *peritoneum parietale* verwendet werden kann, das *mesenteriolum* seinen Anfang aus dem Bauchfelle der Niere, des *musculus quadratus lumborum* oder der *fossa iliaca*

nimmt. Das *ligamentum ileo-coecale* ist in der Mehrzahl der Fälle wie gewöhnlich entwickelt, nur ist sein Zusammenhang mit dem *mesenteriolum*, auf Grund der Stellung des *processus* meistentheils ein so schwacher, dass es nicht zur Bildung eines wirklichen *recessus* zwischen diesen Bändern kommt.

Die Ursachen, welche die aufwärts gerichtete Lage des Wurmfortsatzes hinter dem Anfange des Dickdarms herbeiführen, sind sehr mannigfaltiger Art. Erstens können wir das Entstehen dieser Lage auf die Entwickelung eines zu schmalen *mesenteriolum* zurückführen, welches zwar der Spitze des Wurmfortsatzes eine gewisse Beweglichkeit erlaubt, der Basis aber nicht gestattet sich nach abwärts zu senken. In einer grossen Zahl der hierhergehörigen Fälle tritt zweitens die abnorme Stellung des Fortsatzes zugleich mit noch andern Hemmungsbildungen des Darmrohrs auf. Hierher gehört die Retention des *coecum* und *colon ascendens* in ihrer Bewegung nach abwärts, die Spitze des *coecum* erreicht nicht das *ligamentum Poupartii*, sondern steht viel höher; die Retention geht zuweilen so weit, dass das *coecum* und der Anfang des *colon ascendens* unmittelbar unter der Leber stehen bleiben, und, da das Darmrohr sich stetig in seinen Längenmaassen weiter entwickelt, der übrige Theil des *colon ascendens* wie eine Guirlande in der Bauchhöhle herabhängt, also zuerst nach abwärts geht und dann erst zum *colon transversum* nach aufwärts ablenkt. Der Grund dieses zu frühen Stehenbleibens des *coecum* ist jedenfalls in der zu innigen Verklebung desselben mit dem *peritoneum* der rechten Niere und anomal mit dem der Leber zu suchen. Es kamen mir Fälle vor, in denen die abnorme Lage der genannten Theile nur auf eine überstandene *peritonitis embryonalis* als die Ursache zurückzuführen war. Ausserdem ist es leicht möglich, dass eine zu frühzeitig eintretende Verschmelzung des *omentum majus* mit dem *colon transversum* und zwar in grösserer Ausdehnung als gewöhnlich, einen hemmenden Einfluss auf die normale Aufstellung des *colon ascendens* ausüben kann, man findet zuweilen bei Hochstand des Blinddarms das *omentum majus* nicht nur an das *colon transversum*, sondern auch an einen Theil des *colon ascendens* geheftet. Bei Existenz eines *mesocolon ascendens* liegt der *processus vermicularis* ebenfalls oft hinter dem *colon*, als Beweis kann ich, ausser zwei Fällen unter der Zahl der von mir untersuchten Kadaver, die in den Abhandlungen von Gruber[1]) beschriebenen anführen.

Die abnorme Lage des Wurmfortsatzes hat einen besonderen Einfluss auf die Form des *coecum* und auf die Konfiguration der Uebergangsstelle desselben in die Basis des *processus*. In mehreren Fällen war wegen der Richtung des Fortsatzes nach oben das *coecum* als wirklicher Blindsack gar nicht zur Entwickelung gekommen, sondern es bot noch ganz die embryonale Form dar, nach welcher dasselbe nichts anderes als der trichterförmige Uebergang des *colon* in den *processus vermicularis* ist. Diese Form des *coecum* scheint mir auch einige

1) Gruber. a. Beiträge zu den Bildungshemmungen der Mesenterien. Archiv von Reichert 1862, p. 596.
b. Weitere Beiträge zu den Bildungshemmungen der Mesenterien. Archiv von Reichert 1864, p. 482 und 484.
c. Nachträge zu den Bildungshemmungen der Mesenterien. Archiv von Virchow. XLIV, 1868, Fall 10 u 13.

praktische Wichtigkeit zu haben. Füllt man das *coecum* bei der normal herabhängenden Stellung des *processus* mit Wasser oder Luft, so bedarf es gewöhnlich einer starken Füllung bis der Inhalt des Blinddarmes in den Wurmfortsatz übergeht, ja zuweilen bleibt bei noch so starkem Drucke des Inhalts der Fortsatz vollkommen leer. Entsprechend diesem Versuche findet sich der Fortsatz in den meisten Leichen Erwachsener ohne Fäkalinhalt nur mit Schleim gefüllt; ausser der an seiner Oeffnung bestehenden Klappe ist jedenfalls an dieser Erscheinung auch seine gleichsam vom *coecum* wie abgeknickte Richtung schuld. Ganz das Gegentheil erweist sich bei der Lage des *processus* hinter dem *colon*, seine weite Oeffnung erlaubt hier den Uebertritt des Darminhaltes bei dem leisesten Drucke. Ich machte die Sektion dreier Fälle, in denen sich im Wurmfortsatze Fruchtkerne in grosser Anzahl vorfanden; in zwei von ihnen war die Anhäufung dieser Fremdkörper, in dem einen Kirschkerne, in dem andern Olivenkerne, die Ursache von Perforation des Fortsatzes und allgemeiner Peritonitis. Im dritten Falle starb ein 31-jähriger Mann in Folge von Axendrehung des Dünndarmes, sein 17 Cntm. langer *processus vermicularis* enthielt eine grosse Menge von Kothsteinen, welche sich um Weinbeerkerne gebildet hatten. In allen drei Fällen befand sich der Wurmfortsatz mit der Spitze nach oben hinter dem *colon ascendens*. In einem vierten von mir beobachteten Falle hatte der ebenfalls hinter dem Grimmdarme befindliche Fortsatz in Folge seiner Perforation durch mehrere Geschwüre eine abgesackte Perityphlitis hervorgerufen. In einem von Gruber[1]) beschriebenen Falle kommunizirte ebenfalls in Folge von Geschwüren der Wurmfortsatz mit dem Grimmdarme durch die hintere Wand. Vergleicht man die eben angeführten Befunde mit einer Reihe anderer theils in Schmidt's Jahrbüchern[2]) (besonders der Fall von Nikolaysen) zitirten, theils in der Abhandlung von Kraussold[3]) beschriebenen, wobei in der Mehrzahl der Fälle, die in Folge der Perforation sich gebildete Abscesshöhle oder der pathologisch veränderte Fortsatz hinter dem *coecum* oder dem Anfange des *colon* sich befanden, so muss man zu der Ueberzeugung kommen, dass die abnorme Lage des *processus vermicularis* die allergünstigste ist sowohl für den Uebertritt von Fremdkörpern in denselben, als auch zur Hervorrufung von Reizungserscheinungen, welche Entzündung und schliesslich Perforation zur Folge haben. In Betreff der Häufigkeit dieser Lage kann ich hinzufügen, dass unter 56 Leichen dieselbe sich 19 mal also in einem Drittel derselben vorfand. Eine Anlöthung des Wurmfortsatzes der ganze Länge nach an der vorderen (medialen) Seite des Dünndarmgekröses, mit seinem blinden Ende nach aufwärts gewendet, wie sie Toldt[4]) angiebt, ist mir nicht vorgekommen.

Unter sämmtlichen von mir untersuchten Leichen traf ich nur einmal das vollkommene Fehlen des Wurmfortsatzes bei einem männlichen Kadaver mittleren Alters. Der Blinddarm

---

1) Gruber. Archiv von Reichert, 1864, p. 484.
2) Schmidt's Jahrbücher, 1880, № 7, p. 39.
3) Kraussold. Krankheiten des *processus vermicularis* und des *coecum*. Volkmann. Sammlung klinischer Vorträge, № 191. 1881.
4) Toldt. l. c. p. 36.

war ungemein durch Gase ausgedehnt, 6,7 Cntm. lang und 10,5 Cntm. breit, er lag mit seiner Spitze nach links und oben gerichtet, vor dem Endstücke des *ileum*, in der *regio umbilicalis*. Die hintere Fläche des *coecum* und der Anfang des *colon ascendens* waren frei, die vordere Fläche des *coecum* war mit der vorderen Bauchwand verlöthet. Die drei *taeniae longitudinales* liefen normal an der inneren hinteren Fläche des Blinddarmes zusammen, jedoch war an dieser Stelle keine Spur eines Wurmfortsatzes zu finden, statt seiner zog von dem Punkte des Zusammentretens der Längsmuskulatur des Darmes das Peritoneum in Form eines fibrösen Bandes nach oben hinter das Endstück des *ileum*, und verlor sich in der hinteren Platte des *mesenterium*. In Folge der Spannung dieses Bandes war der entsprechende Theil des *coecum* nach oben und hinten gezogen, ganz wie im normalen Zustande der Anfangstheil des *processus vermicularis*. Die *arteria vermicularis* war nur in Form eines schwachen hinteren Coekalastes vorhanden. Das *ligamentum ileo-coecale* war gut ausgebildet und setzte sich an den Blinddarm bis zur Vereinigungsstelle der Längsbänder an. Wegen der Stellung dieses Theiles des *coecum* war die Falte um das Endstück des *ileum* geschlagen, so dass zwischen ihr, der hinteren Fläche des *ileum* und dem entsprechenden Theile des *coecum* mit dem nach oben ziehenden fibrösen Bande sich ein geräumiger *recessus ileocoecalis inferior* gebildet hatte, welcher mit einer sehr engen Oeffnung dicht unter dem *ileum* mündete. Auf der Schleimhaut des *coecum* war keine Spur einer früher bestandenen Oeffnung des Wurmfortsatzes zu finden. In diesem Falle kann man mit Bestimmtheit annehmen, dass wegen einer zu geringen Entwickelung des embryonalen Wurmfortsatzes derselbe seine Querstellung zur Axe des Darms nicht annehmen konnte, so dass die Trennung desselben in das spätere *coecum* und den Wurmfortsatz nicht vor sich ging, und aus ihm sich nur das *coecum* allein entwickelte. Die Stellung des Blinddarms und die des *ligamentum ileo-coecale* sind aber der deutlichste Beweis, dass der Zug, welcher den Wurmfortsatz im normalen Vorgange quer zur Axe des Darms stellt, wirklich vorhanden war.

Der Blinddarm und Wurmfortsatz bei den Säugethieren.

Während der Mangel eines Blinddarms bei den Säugethieren nur einigen wenigen Klassen eigenthümlich ist, fehlt der Wurmfortsatz den meisten. Das Vorkommen des letzteren finde ich in der mir zugänglichen Literatur bei folgenden Thieren angeführt: bei den anthropomorphen Affen, bei den Halbaffen (*Nycticebus*), bei einigen Nagern (*Lepus*, *Lagomys*), bei *Phascolomys Wombat*, bei *Chlamydophorus*[1]), bei *Phalangista* (*phalanger brun.*) und *Viverra zibetha*[2]). Aus der Reihe dieser Thiere hatte ich die Möglichkeit je ein Exemplar vom Orang-utan, Chimpanse und Wombat, 5 von *Lagomys*, 7 von *Lepus* und 4 von *Pha-*

1) Makalister. On the Embryogeny of the Intestinal Canal. The Dublin Journal, Vol. LXIII, 1877, p. 471.

2) Rousseau. Observations critiques sur l'appendice vermiforme du coecal. Mémoires de l'Académie de Dijon, 1847—1848, p. 177.

langista zu untersuchen. Bei *Phalangista* findet sich keine Spur eines Wurmfortsatzes, und ich glaube, dass es nur einem Irrthume von Rousseau zuzuschreiben ist, wenn er ihr und der *Viverra* das Vorkommen eines solchen zuschreibt.

Das von mir untersuchte Exemplar von *Simia satyrus* war ein Männchen, wahrscheinlich mittlern Alters, die Mesenterien waren ungemein fettreich. Die Aufstellung des Darms ist ganz wie beim Menschen. Das *omentum majus* setzte sich sowohl an das *colon transversum* als auch an die ganze äussere hintere Seite des *colon ascendens* bis zur Spitze des *coecum* an. In Folge dieser Ansatzlinie hängt das *coecum* nicht direkt nach unten, sondern ist etwas nach aussen gerichtet und in die Höhe gezogen; entsprechend dieser Stellung krümmt sich der Anfangstheil des *colon ascendens* nach innen. Der Blinddarm hat eine sackförmige Form mit sehr seichtem Grunde, er ist mehr breit als lang, und von allen Seiten vom Peritoneum umgeben ebenso wie der Anfangstheil des *colon ascendens*. Das *ileum* senkt sich in die vordere innere Fläche des *coecum*, letzteres geht vollkommen trichterförmig in den *processus vermicularis* über. Der Basaltheil des Wurmfortsatzes liegt auf der inneren hintern Fläche des *coecum*, 2 Cntm. unter dem Endstücke des *ileum*. Die Richtung des *processus* ist anfangs nach oben und hinten (ebenso wie der Trichter des *coecum*), dann wendet er sich bogenförmig nach unten und hängt mit seiner Spitze frei herab. Zwei Peritonealfalten gehen von oben nach unten an den Wurmfortsatz, die hintere ist das *mesenteriolum*, welches ganz wie beim Menschen gebildet ist, und die hinter dem Endstücke des *ileum* auf den *processus* tretende *arteria vermicularis* enthält. Das *mesenteriolum* kommt aus der rechten Platte des *mesenterium* sowohl von der hinteren Fläche des *ileum* als auch vom Anfangstheile des *colon ascendens*, es hat eine dreieckige Form und tritt an die ganze Länge des Wurmfortsatzes bis zur Spitze; dasselbe ist nicht gespannt, so dass der *processus* nicht spiralig gewunden sondern gestreckt erscheint. Vor dem *mesenteriolum* befindet sich das *ligamentum ileo-coecale*, ebenfalls von dreieckiger Gestalt aber beträchtlich kleiner, dasselbe nimmt seinen Anfang vom unteren Rande des *ileum* und setzt sich an das *coecum* im Zwischenraum zwischen *ileum* und *processus* und an die Basis des letzteren. Zwischen diesen beiden Falten befindet sich ein geräumiger *recessus ileo-coecalis inferior*, dessen Oeffnung, da ein Theil des freien Randes des *ligamentum ileo-coecale* mit der Vorderfläche des *mesenteriolum* verwächst, eine verhältnissmässig enge ist. Der auf die Vorderfläche des *coecum* tretende Ast der *arteria ileo-coecalis* ist entwickelt, sein Verlauf ist aber derartig mit Fettanhäufung bedeckt, dass ein *recessus ileo-coecalis superior* nicht nachzuweisen ist. Wegen des trichterförmigen Uebergangs des *coecum* ist es auch nach Oeffnen desselben schwer die Stelle des eigentlichen Anfangs des Wurmfortsatzes zu bestimmen; im Trichter befinden sich mehrere halbmondförmige Schleimhautfalten, welche an der gegen das *ileum* gerichteten Seite des *coecum* sitzen und klappenartig in das Lumen vorspringen, eben solche zahlreiche Querfalten der Schleimhaut finden sich auf der ganzen übrigen Innenfläche.

Dasselbe Bild der gegenseitigen Lagenverhältnisse boten die uns beschäftigenden Darmtheile bei einem ausgewachsenen männlichen Exemplar von *Simia troglodytes*, mit

Ausnahme des *omentum majus*, welches ausschliesslich mit dem *colon transversum* verschmolzen ist. Das *coecum* nimmt die ganze rechte Darmbeingrube ein und reicht mit seiner Spitze bis zum *ligamentum Poupartii*, es ist völlig frei ebenso wie der Anfangstheil des *colon ascendens*. Der Uebergang des *peritoneum parietale* auf die hintere Fläche des Grimmdarms erfolgt in Form einer dreieckigen, vertikalgestellten, aus der *fossa iliaca* sich erhebenden Falte, deren Blätter nach oben allmählig auseinander weichen und das *colon* umfassen. Es existirt kein *mesocolon ascendens*. Der Wurmfortsatz hängt mit seiner Spitze frei in das kleine Becken herab, der Abstand seiner Basis von der Einmündungsstelle des *ileum* beträgt 1,7 Cntm. Das *mesenteriolum* ist verhältnissmässig kurz, so dass das *ligamentum ileo-coecale* eine um das *ileum* nach hinten zurücklaufende Stellung hat; in Folge dessen befindet sich auch der *recessus ileo-coecalis inferior* hauptsächlich auf der hinteren Fläche des *ileum*. Der *recessus ileo-coecalis superior* ist gut entwickelt und sehr geräumig, seine weite Oeffnung ist gegen das *ileum* gerichtet. Es ist bemerkenswerth dass beim Chimpanse auch die vom *colon ascendens* an die hintere seitliche Bauchwand gehende Falte entwickelt ist, und dass unter ihr sich ein geräumiger und langgestreckter *recessus postcoecalis* vorfindet, dessen blinde nach unten gerichtete Spitze in der Basis der obenerwähnten vertikalen Falte endet, und dessen weite Oeffnung, mit der Richtung nach oben, unter der Leber liegt. Eine scharf ausgesprochene Klappe an der Mündung des *processus vermicularis* in das *coecum* wurde vermisst.

Während die beiden eben besprochenen Affen eine dem Menschen fast identische Bildung des *coecum* und *processus vermicularis* darbieten, zeigen dieselben Darmtheile bei *Phascolomys Wombat* schon ganz andere Verhältnisse. Zur Untersuchung besass ich ein ausgewachsenes Männchen. Das Endstück des *ileum* und das *colon ascendens* befinden sich im rechten unteren Saum eines breiten *mesenterium commune* und liegen in Folge dessen in einer Flucht. Die Grenze zwischen Dünn- und Dickdarm ist äusserlich eine scharf ausgesprochene indem letzterer sich plötzlich erweitert und alle ihm zukommende Eigenschaften annimmt. Das *coecum* ist nichts anderes als das erste *haustrum* des *colon*, es liegt im rechten Theile des Bauchraums. In dem Winkel, welcher sich an der der Mesenterialanheftung entgegengesetzten Seite zwischen *ileum* und *coecum* bildet, befindet sich ein ziemlich kurzer und enger Wurmfortsatz. Seine Basis entspringt aus dem Theile des Blinddarms, welcher sich unmittelbar unter der Einmündungsstelle des *ileum* befindet, seine Spitze hängt frei am *coecum* herab. Zwischen der Basis des Wurmfortsatzes und dem unteren Rande des *ileum* liegt in Form einer kleinen dreieckigen Falte das *ligamentum ileo-coecale*; das *mesenteriolum* fehlt vollständig. In Folge dessen tritt die hinter der Einmündungsstelle des *ileum* herabsteigende *arteria vermicularis* direkt in das *ligamentum ileo-coecale* und theilt sich ungefähr in der Mitte des freien Randes in einen Ast für den Wurmfortsatz und einen zweiten für den unteren Rand des *ileum*. Die vor dem *ileum* herabgehende aber schwächere Arterie zerfällt in Aeste für das *ileum*, *coecum* und *colon ascendens*. Die Oeffnung des Wurmfortsatzes befindet sich unmittelbar unter der *valvula coli*, sie ist ringsum durch eine 3 Mm. in das

coecum vorspringende Schleimhautfalte umgeben, deren obere Peripherie mit der *valvula coli* verschmilzt. Diese ringförmige Klappe sperrt das Lumen des Wurmfortsatzes vollständig vom Blinddarm ab, so dass bei Lufteinblasen in das *coecum* dieselbe nicht in den *processus* übertritt. Der Dickdarm umfasst wie beim Menschen den Dünndarm, nur dass sämmtliche Mesenterien des Dickdarms, mit Ausnahme des ziemlich kurzen *mesocolon transversum*, ungemein breit sind.

Aus der Gattung *Lagomys* untersuchte ich zwei Männchen und ein Weibchen von *Lagomys alpinus*, und je ein Weibchen von *Lagomys pusillus* und *ogotonna*. Sämmtliche drei Arten boten im Baue des Darms die gleichen Verhältnisse. Der Anfang des *colon* und die Basis des ungemein langen *coecum* liegen spiralig gewunden unmittelbar der vorderen Bauchwand an, und nehmen den ganzen vorderen Theil des Bauchraums ein; hinter ihnen befindet sich der übrige Theil des *coecum*, links und hinter dem *coecum* der Dünndarm, rechts das Ende des Dünndarms, der grösste Theil des Dickdarms und das *duodenum*. Das *mesenterium commune* enthält in seinem linken unteren Saume den Dünndarm, in seinem rechten das Ende des *ileum* und das diesem Ende parallel laufende *coecum*. Das *ligamentum ileo-coecale*, welches sich bis zur Spitze des Blinddarms erstreckt, bildet die direkte Fortsetzung des *mesenterium commune*, indem letzteres, das Ende des *ileum* umfassend, als breite Falte sich auf das *coecum* fortsetzt. Uebrigens hebt sich das Endstück des *ileum* etwas von der Fläche des *mesenterium commune* ab und zieht dasselbe in eine besondere schmale Falte aus. Der Blinddarm besitzt eine langgestreckte Form und zahlreichen *haustra*, er endet ganz allmählig sich verjüngend mit einer ziemlich engen konischen Spitze. In seinem Inneren finden sich zahlreiche *plicae semilunares* und die Schleimhaut ist ungemein reich an Schleimfollikeln. Unmittelbar unter der Einmündungsstelle des *ileum* liegt, mit seiner Basis aus der hinteren Fläche des *coecum* entspringend, ein 1,5 bis 2,9 Cntm. langer und 0,4 bis 0,6 Cntm. breiter Fortsatz, der durch eine kaum bemerkbare, aus dem *ligamentum ileo-coecale* entspringende Falte gegen das *ileum* gezogen ist und demselben parallel liegt. Dieser Fortsatz besitzt keine speziell für ihn bestimmten grösseren Gefässe und bietet vollkommen das Aussehn eines gewöhnlichen Darmdivertikels dar. Seine Höhlung ist mit Koth gefüllt, auf seiner Schleimhaut finden sich keine Falten, in ihr eine grosse Anzahl dichtgedrängt stehender Lymphfollikel. Die Mündung des Divertikel liegt unmittelbar unter der des *ileum* in der Richtung gegen die Spitze des *coecum*, sie ist von einem kreisförmigen Schleimhautwulst umgeben, dessen gegen die Mündung des *ileum* gerichteter Abschnitt einen Theil der Ileo-coekalklappe ausmacht. Das *colon* besitzt unmittelbar über der Eintrittsstelle des *ileum* ganz den Charakter und die Weite des *coecum*, dann verschmälert es sich plötzlich.

Aehnlich wie bei *Lagomys* ist die Form und das Lagenverhältniss des Blinddarms bei *Lepus*, ein Unterschied besteht nur in Bezug auf die Stellung des oben erwähnten Divertikels des Blinddarms. Während es bei *Lagomys* dicht neben der Einmündungsstelle des *ileum* in das *coecum* sich befindet und eine besondere Oeffnung in das *coecum* besitzt, ist es bei *Lepus* so angebracht, dass das *ileum* sich in dasselbe öffnet, es stellt auf diese Weise das

ampullenartige Ende des *ileum* selbst dar. Der Dünndarm öffnet sich in das Divertikel ohne jede Klappe; die Mündung des Divertikel in das *coecum* ist durch eine halbmondförmige Klappe begrenzt; überhaupt hat letztere Oeffnung sowohl durch die Stellung der Klappe, als auch durch die der Coekalwand fast parallele Stellung des Divertikel eine grosse Aenlichkeit mit der Ileo-coekalöffnung und Ileo-coekalklappe anderer Säugethiere. Die Wandung der Ampulle ist dicker als die des *ileum* und enthält zahlreiche Lymphfollikel. Ich habe es nicht für überflüssig gehalten näher auf die Lage des Divertikel einzugehen, weil Krause[1]) dasselbe als *sacculus rotundus* dicht neben dem Uebergange des Dünndarmes in den Dickdarm sich mit weiter Mündung in den Anfang des *coecum* öffnen lässt.

Auf Grund der gegebenen Charakteristik des *processus vermicularis* und des *coecum* bei den drei oben beschriebenen Thiergattungen kann man mit Sicherheit behaupten, dass bei den anthropomorphen Affen diese Darmtheile in jeder Beziehung mit denen des Menschen sowohl in Form, Lage und Entwickelung vollkommen identisch sind. Anders verhält es sich bei *Phascolomys*, die Form seines Wurmfortsatzes weist darauf hin, dass derselbe wirklich der im Embryonalalter von der Axe des Darmrohres ausgeschieden sich entwickelnde Fortsatz ist, dass er aber nicht dieselben Phasen der Entwickelung durchgemacht hat, wie wir sie für den *processus* des Menschen als spezifisch betrachtet haben, beweist das vollständige Fehlen eines *mesenteriolum* und die Lage der Arterie im *ligamentum ileo-coecale*; die Fortexistenz des *mesocolon ascendens* und die ganze Aufstellung des Darms mit seinen Mesenterien machen diese Annahme noch mehr wahrscheinlich. Sein Blinddarm ist gemäss seiner Lage und Baues nichts anderes als der Anfang des *colon ascendens*. Ich glaube also hinreichenden Grund zu haben den *processus vermicularis* des Wombat eher für ein nicht zur völligen Ausbildung gekommenes *coecum*, wie es auch andere Säugethiere besitzen, zu halten. Beispielshalber erwähne ich den Blinddarm von *Echidna hystrix*, welcher, wenn man von den etwas kleineren Dimensionen absieht, eine dem *coecum* des Wombat sehr ähnliche Form besitzt. Bei *Echidna* steht das *ileum* ebenfalls in gleicher Flucht mit dem *colon* und beide befinden sich in ein und demselben Theile des *mesenterium commune*; der Anfang des *colon* ist etwas aufgebauscht, das *ligamentum ileo-coecale* sehr schwach entwickelt und das einem Wurmfortsatze sehr ähnliche *coecum* ist in seinem Anfang ebenfalls durch eine halbmondförmige Falte abgegrenzt. Da diese Falte sich aus der Vereinigungsstelle des *ileum* mit der Basis des *coecum* vorschiebt, so schliesst sie bei dem Uebergange vom Darminhalt aus dem *ileum* in das *colon*, die Oeffnung des *coecum* vollständig vom Lumen des Dickdarms ab.

Was das *coecum* von *Lagomys* anbetrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass der in der Nähe der Einmündungsstelle des *ileum* befindliche Fortsatz nichts anderes als ein gewöhnliches Darmdivertikel ist, seine Stellung, das Fehlen jeden spezifischen Falten und Gefässe und der Ansatz des *ligamentum ileo-coecale* bis an die Spitze des *coecum* machen jeden Ver-

1) Krause. Die Anatomie des Kaninchen. 1868, p. 157.

gleich mit dem Wurmfortsatze des Menschen unmöglich. Pallas[1]) bezeichnet das enge Ende des *coecum* bei *Lagomys* und Krause[2]) denselben Theil bei Lepus als den *processus vermiformis*, wie es mir scheint ist Nuhn[3]) derselben Meinung, da er von einem Wurmfortsatze ebenfalls bei *Lepus* spricht. Ich glaube der Grund dieser Theilung des *coecum*, da die Spitze dieses Darmtheiles bei den genannten Thieren sich durch nichts als durch ihr engeres Kaliber von der Basis unterscheidet, kann nur das Verhalten ihrer Schleimhaut, d. h. ihr grösserer Reichthum an Lymphfollikeln und das Fehlen der *plicae semilunares* sein. Da es aber allgemein angenommen ist, die einzelnen Darmtheile nur auf Grund ihrer Form und Lage zu unterscheiden, so denke ich vollkommen berechtigt zu sein, diese künstliche Theilung des *coecum* für durchaus unhaltbar zu halten. Cuvier[4]), welcher eine ausführliche Beschreibung des *coecum* von *Lepus* giebt, erwähnt den *processus vermicularis* mit keinem Worte.

Der Blinddarm der übrigen Säugethiere.

Es ist bekannt, dass das *coecum* der Säugethiere in den ersten Stadien der Entwickelung im Allgemeinen dieselbe Form und Lage in der Nabelblase hat, wie der Wurmfortsatz des Menschen. Seine Gefässe treten ebenfalls sowohl von der obern rechten als auch von der unteren linken Platte des gemeinschaftlichen Mesenterium auf dasselbe über und im Raume zwischen *ileum* und *coecum* entwickelt sich die erste Anlage eines *ligamentum ileocoecale*. Auf Grund der spätern bleibenden Lage des *coecum* bei den verschiedenartigsten Thierklassen kann man den Schluss ziehen, dass der Vorgang seines allmähligen Heraustretens aus der Nabelblase ein dem bei menschlichen Embryonen beobachteten ähnlicher ist. Erst nach dem völligen Uebertritt in die Bauchhöhle treten nahmhafte Differenzen ein. Während bei einer Reihe Säugethiere das *coecum* ganz dieselben Phasen seines endlichen Uebertritts in die rechte Darmbeingrube durchmacht wie beim Menschen, finden sich wieder andere Thierklassen, in denen es die Rechtswendung nur theilweise ausführt; bei noch anderen bleibt es in der Mittellinie des Bauchraumes, sei es das *epigastrium* erreichend, sei es sich nur wenig über das kleine Becken erhebend, stehen. Mit anderen Worten, man kann die bleibende Lage des Blinddarms und überhaupt die ganze Aufstellung des Darmkanals bei jedem in seiner Entwickelung beendeten Säugethiere auf bestimmte Perioden der Darmlage des menschlichen Embryo zurückführen. So viel mir bekannt war Meckel der erste, welcher diesen wichtigen Umstand besonders hervorhob. In Folge des eben Gesagten wirft sich von selbst die Frage auf, welches der Grund ist, dass trotzdem der Blinddarm der Affen eine dem menschlichen fast vollkommen ähnliche Lage hat, es, mit Ausnahme der

1) Pallas. Glires 1778.
2) Krause. l. c. p. 156.
3) Nuhn. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie 1878, p. 54.
4) Cuvier. Leçons d'anatomie comparée. Tom. IV, 1835, p. 252.

anthropomorphen Affen und einer geringen Zahl von Halbaffen, in dieser Thierklasse nicht zur Bildung eines Wurmfortsatzes kommt. Ich meine, dass der einzige Grund in der vom Menschen abweichenden Bildung der Mesenterialfalte liegt, welche den Verbreitungsbezirk der *arteria mesenterica inferior* enthält und welche in den ersten Stadien der Entwickelung an den nicht in der Nabelblase enthaltenen Abschnitt des Dickdarms tritt. Es ist anzunehmen, dass diese Falte von allem Anfang an eine verhältnissmässig sehr breite ist, und dass ihre Spannung beim wachsenden Darm zwar hinreicht demselben den Uebertritt in die Bauchhöhle zu ermöglichen, aber so gleich vertheilt ist, dass durch sie eine Querstellung des Blinddarms zur Axe des Darms nicht herbeigeführt wird. Den Beweis einer von allem Anfang bestehenden grösseren Breite der an den untern Dickdarmabschnitt gehenden Mesenterialfalte, liefert die bleibend gewordene Aufstellung des ganzen Dickdarms, kein Affe, mit Ausnahme der einen *processus vermicularis* besitzenden, hat eine *flexura lienalis coli*, bei Allen ist die Uebergangsstelle des *colon transversum* in das *descendens* nicht bestimmbar, und beide Darmtheile liegen in ein und derselben colossal breiten, in der Mittellinie sich befindenden, Mesenterialfalte. Die weiteren Folgen der zu grossen Breite dieser Falte sind: erstens die Unmöglichkeit für das ganze *colon descendens* mit dem *peritoneum parietale* der linken hinteren Bauchwand zu verschmelzen, und zweitens — die bei den Affen und anderen Thierklassen, deren Blinddarm rechts und unten liegt, bemerkbare sehr geringe Verschmelzungslinie des *omentum majus* mit dem *colon transversum*. Bei sämmtlichen von mir untersuchten Affen und dem Wombat setzte sich ein nur sehr geringer Theil des *omentum majus* an das *colon transversum* in der Gegend der *flexura hepatica coli* (zuweilen ging die Ansatzlinie übrigens auf dem ganzen *colon ascendens* herab). Der linke Theil des *omentum majus* steht in keiner Beziehung zum *colon*, selbstverständlich fehlt auch das *ligamentum pleurocolicum*, welches beim Chimpanse gut entwickelt ist.

So verschieden wie die Lage ist auch die Form des Blinddarms bei den Säugethieren, angefangen von der knopfförmigen Form des *coecum* bei den Robben bis zum zweimal die Länge des Thieres übertreffenden *coecum* der pflanzenfressenden Beutelthiere, finden sich alle Uebergänge. Da bei den Thieren das *coecum* und ein Theil des *colon* in einem Abschnitte des Mesenterium liegen, welcher nicht mit dem *peritoneum parietale* verschmilzt, so sind die betreffenden Theile ohne Ausnahme von allen Seiten vom Bauchfelle umgeben und frei beweglich. Bei den Affen, bei welchen der Blinddarm die rechte Darmbeingrube einnimmt, ist gewöhnlich das ganze *coecum* und die untere Hälfte des *colon ascendens* völlig frei; die Verschmelzungsstelle mit dem *peritoneum parietale* befindet sich in der Gegend der rechten Niere am häufigsten in Form eines kurzen Bandes, welches von der Vorderfläche der rechten Niere und der äussern hinteren Bauchwand an die hintere Fläche des *colon* tritt; in anderen Fällen ist der Grimmdarm durch Bindegewebe direkt an die Niere geheftet. Das *ligamentum ileo-coecale* findet sich von der verschiedensten Form, theils geht es vom *ileum* nur an die Basis des *coecum*, theils heftet es sich bis an die Spitze an, zuweilen ist es so schmal, dass es das *coecum* zwingt sich auf dem *ileum* in Spiralwindungen zu legen (*Canis*), oder die

Spitze des Blinddarms sich rechtwinklich zur Basis zu stellen (Lemur, Viverra u. A.). Meistentheils enthält es die hinter dem *ileum* an das *coecum* tretenden Gefässe, bei anderen Thieren finden sich in ihm nur kleinere Zweige. Die für den Blinddarm bestimmten Gefässe haben eine dem Menschen ähnliche Anordnung, wobei die hinter dem *ileum* herabgehende Arterie gewöhnlich die stärkere ist (bei Lemur u. A. ist es die vordere). Entweder verläuft die vordere Arterie direkt auf der Fläche des Blinddarms, oder sie hebt sich durch eine besondere Peritoncalfalte von demselben ab; auf diese Weise kommt es bei einigen Thieren zur Bildung eines *recessus ileo-coecalis superior* (Affen und Halbaffen). Der *recessus ileo-coecalis inferior* kann sich bilden sowohl zwischen dem *ligamentum ileo-coecale* und einer den vordern Coekalast enthaltenden Falte, als auch zwischen ersterem Bande und einer besonderen den hinteren Ast der Coekalarterie einschliessenden Falte, immer ist seine Spitze gegen den Vereinigungswinkel zwischen *ileum* und *coecum* gerichtet; gut entwickelt fand ich diese Grube bei *Herpestes*, *Perameles*, *Phascolarctos* und *Phalangista*. Hinter dem *colon ascendens* und zwar an der Verschmelzungsstelle desselben mit dem *peritoneum parietale* befanden sich bei einigen Affen (*Cebus*) ein oder zwei *recessus postcoecales* mit den Oeffnungen nach oben gegen die Leber gerichtet.

Beiträge zu den Längenmaassen des Darmkanals bei dem Menschen und den Säugethieren.

Jeder, welcher sich eingehender mit Messungen des Darmkanals beschäftigt hat, kommt bald zu der Ueberzeugung, dass die Resultate dieser Messungen einen sehr unbeständigen Charakter an sich tragen. Es sind zu viele Faktoren, welche störend auf die absolute Wahrheit der erhaltenen Zahlen einwirken, unter den hierher gehörenden Ursachen sind es hauptsächlich folgende: Misst man den Darm eines Thieres oder des Menschen kurz nach dem Tode, so befindet sich der Darm, vorzüglich wenn die Todesursache eine schnell wirkende oder gewaltsame war, noch im kontrahirten Zustande, d. h. er ist verhältnissmässig viel kürzer, als wenn man die Messung erst eine geraume Zeit nach dem Tode anstellt. Ist jedoch der Darm mit Flüssigkeiten oder Gasen angefüllt und sind an ihm deutliche Zeichen von eingetretener Fäulniss bemerkbar, so kann man überzeugt sein, dass die Länge eines solchen Darmes viel bedeutender sein wird, als sie im leeren und frischen Zustande desselben war. Ein von seinem Mesenterium abgelöster Darmkanal ist immer länger,

als ein in seiner natürlichen Lage gelassener, der Unterschied kann bei langem Darme ein bis zwei Meter betragen. Verschiedene Krankheitsformen, sowohl örtliche des Darmrohrs und Bauchfells, als auch allgemeine wirken verlängernd oder verkürzend auf seine Dimensionen. Um wenigstens einen Theil dieser Ursachen zu umgehen, beobachtete ich bei meinen Messungen folgende Maasregeln: sämmtliche Untersuchungen wurden an dem noch in der Bauchhöhle an seinen Bauchfellfalten hängenden Darmkanal gemacht, indem ich unter Vermeidung jeder Zerrung einen Faden an die der Mesenterialansetzung entgegengesetzte Seite des Darmrohrs anlegte, das *duodenum* wurde bei partieller Ablösung des *colon* gemessen, der untere Theil des *rectum* vermittelst Durchstich oder Bestimmung der Dicke der Weichtheile zwischen dem Boden des *cavum Douglasii* und *anus*. Die Körperlänge mass ich beim Menschen und den Affen vermittelst des Anlegens eines Faden von der Spitze des Scheitels über den Rücken zum obern Rande des ersten Steissbeinwirbels; bei allen übrigen Thieren von der Spitze der Nase ebenfalls über den Rücken zu demselben Wirbel. Nur in sehr wenigen Ausnahmefällen wurde der ausgeschnittene aber noch am Bauchfelle hängende Darm gemessen. Sämmtliche Thiere, ausgenommen einiger im frischen Zustande, hatten einige Zeit in Weingeist gelegen, ebenso ein Theil der menschlichen Embryonen; menschliche Leichen von Kindern und Erwachsenen wurden nur dann gemessen, wenn die Möglichkeit vorhanden war, dieselben unmittelbar nach der Oeffnung der Bauchhöhle zu untersuchen, die Leichen von Kindern nach Verlauf von 24 Stunden *post mortem*, die Erwachsener meist nach Verlauf von drei Tagen. Die Untersuchungen wurden im Winter gemacht.

Ich bin davon überzeugt, dass die Zahl der von mir gemachten Messungen eine viel zu geringe ist, um vollkommen genügende Schlüsse aus ihnen zu ziehen, da aber wahre Resultate nur aus Massenuntersuchungen erhalten werden können, so denke ich, dass jeder Beitrag in dieser Beziehung von Nutzen sein wird. Stellenweise habe ich mir erlaubt, Messungen Anderer in meine Tabelle aufzunehmen, wie z. B. die von Froloffsky[1]) in Bezug auf die Länge des Darmkanals bei Kindern bis zum achten Monat, oder die Messungen von Cuvier u. A., wenn sie zur Vervollständigung der Altersunterschiede dienen konnten. Die Kapazität des Darmrohrs und die ganze Oberfläche wurden von mir nicht bestimmt, schon aus dem Grunde, weil es für mich unzulässig war den mir zur Untersuchung überlassenen Thieren die Därme auszuschneiden und überhaupt in Weingeist aufbewahrte Objekte zu diesen Manipulationen nicht tauglich sind. Ich glaube auch nicht, dass durch die Bestimmung, z. B. der Kapazität, wesentlich andere Resultate als durch die Längsmessungen erzielt werden, und stütze mich dabei auf die neueren Untersuchungen von Beneke, welcher bei beiden Untersuchungsmethoden die gleichen Resultate bekam. Vergleichungen der Darmlänge mit dem Körpergewicht wurden von mir ebenfalls nicht gemacht aus dem einfachen Grunde, weil bei den Schwankungen, welchen das Körpergewicht beständig unterworfen ist,

---

1) Фроловскаго. Матеріалы къ анатоміи пищеварительнаго канала грудныхъ дѣтей. Диссертація. Петербургъ, 1876.

es unmöglich ist das für ein bestimmtes Subjekt giltige normale Gewicht zu kennen, in dieser Hinsicht halte ich die Körperlänge in der Scheitel-Steisslinie für eine viel konstantere Einheit. Triangulationsbestimmungen, wie sie Custor[1]) gemacht hat, waren für mich aus dem oben angegebenen Grunde unmöglich. Zugleich mit der Bestimmung der Länge maass ich auch die Breite des Darms und zwar des Endstückes des *ileum*, der Basis des *coecum*, des *processus vermicularis* und des Anfanges des *colon*; ich habe diese Zahlen nicht mit in die Tabelle aufgenommen, behalte mir aber vor auf dieselben in einer spätern Arbeit zurückzukommen. Die von mir untersuchten Leichen russischer Nationalität waren Bewohner der nördlichen und mittleren Gouvernements des europäischen Russlands. In der Rubrik der Namen habe ich bei Kindern und Erwachsenen die Krankheit, an welcher dieselben zu Grunde gegangen waren, hinzugefügt. Vergleichungshalber füge ich die Messungsresultate anderer Beobachter hinzu, zu diesem Zwecke benutzte ich hauptsächlich die Tabellen von Meckel[2]) für menschliche Embryonen und die von Meckel, Cuvier, Duvernoy[3]) und Crampe[4]) für die Thiere.

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Menschliche Embryonen.										
Embryo ♂	8 Woch.	0,033	0,030	0,009			0,042	1 : 1	1 : 1,3	3 : 4
» ♂	13 »	0,077	0,304	0,045	0,001	0,006	0,356	1 : 4	1 : 4,6	2 : 7
» ♀	13 »	0,095	0,400	0,080	0,001	0,010	0,491	1 : 4	1 : 5	
» ♂	15 »	0,100	0,230	0,065	0,001	0,010	0,306	1 : 2,3	1 : 3,6	4 : 21
» ♂	15 »	0,100	0,320	0,067	0,005	0,009	0,401	1 : 3,2	1 : 4	1 : 5
» ♂	15 »	0,108	0,422	0,080	0,001	0,012	0,515	1 : 3,9	1 : 4,7	
» ♀	5 Mon.	0,136	0,545	0,115	0,002	0,011	0,673	1 : 4	1 : 5	
» ♂	5 »	0,144	0,957	0,125	0,001	0,013	1,096	1 : 6,6	1 : 7,6	2 : 15
» ♂	5 »	0,150	0,750	0,130	0,001	0,016	0,897	1 : 5	1 : 5,9	1 : 6
» ♀	5 »	0,150	0,770	0,155		0,014	0,939	1 : 5	1 : 6	
» ♀	5 »	0,170	0,830	0,157	0,002	0,013	1,002	1 : 5	1 : 5,9	
» ♀	5 »	0,182	0,755	0,122		0,015	0,882	1 : 4	1 : 4,8	
» ♂	5 »	0,184	1,155	0,175	0,002	0,023	1,255	1 : 6	1 : 6,8	
» ♀	5 »	0,190	0,927	0,200	0,002	0,016	1,145	1 : 5	1 : 6	
» ♀	5 »	0,193	1,020	0,158	0,004	0,035	1,217	1 : 5	1 : 6	
» ♂	6—9 Mon.	0,220	1,220	0,280	0,005	0,038	1,543	1 : 5	1 : 7	
» ♀	6—9 Mon.	0,220	1,327	0,262		0,026	1,615	1 : 6	1 : 7	1 : 6
» ♂	6—9 Mon.	0,260	1,410	0,336		0,045	1,791	1 : 5,4	1 : 6,8	3 : 17
» ♂	6—9 Mon.	0,295	1,930	0,475	0,012	0,044	2,461	1 : 6	1 : 8	

1) Custor. Ueber die relative Grösse des Darmkanals und der hauptsächlichsten Körpersysteme beim Menschen und bei Wirbelthieren. Archiv von Reichert, 1873.

2) Meckel. Deutsches Archiv, tom. III, 1817.

3) Cuvier. Leçons d'Anatomie comparée, publiées par Duvernoy. Tome IV, Paris, 1835.

4) Crampe. Vergleichende Untersuchungen über das Variiren in der Darmlänge bei Thieren einer Art. Archiv von Reichert, 1872, p. 569.

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Embryo ♀	6—9 Mon.	0,310	2,100	0,450	0,008	0,032	2,590	1 : 6,7	1 : 8	
» ♀		0,315	1,733	0,403	0,009	0,040	2,275	1 : 5,5	1 : 7	
» ♂		0,352	2,210	0,560	0,009	0,055	2,734	1 : 6	1 : 7,7	
» ♀		0,353	1,838	0,430	0,008	0,024	2,300	1 : 5	1 : 6,5	
» ♀		0,370	2,460	0,600	0,005	0,027	3,082	1 : 6,6	1 : 8	
» ♂		0,415	3,320	0,760	0,009	0,047	4,136	1 : 8	1 : 9,9	
» ♂		0,445	2,120	0,567	0,004	0,040	2,731	1 : 4,7	1 : 6	
Kinder und Erwachsene.										
Kind	2 Woch.	0,508	2,792	0,453		0,044	3,245	1 : 5,5	1 : 6 1/4	12 Beobachtungen
»	6 »	0,523	3,555	0,518		0,047	4,073	1 : 6,7	1 : 7 1/4	Mittel aus 15
»	2 Mon.	0,538	4,069	0,608		0,051	4,677	1 : 7,5	1 : 8 3/4	» 15
»	3 Mon.	0,566	3,468	0,634		0,050	4,102	1 : 6	1 : 7 1/4	» 11
»	4 »	0,576	3,523	0,698		0,052	4,221	1 : 6	1 : 7 1/4	» 8
»	5 »	0,588	3,210	0,650		0,050	3,860	1 : 5,4	1 : 7	» 4
»	8 »	0,580	3,766	0,772		0,050	4,538	1 : 6,5	1 : 7 1/4	» 3
Mädchen	9 »	0,470	4,490	1,203	0,026	0,043	5,782	1 : 9,5	1 : 10	
Russin (*Tabes*)	2 Jahr	5,510	3,370	0,800	0,021	0,060	4,251	1 : 6,5	1 : 8,3	
Finne (*Hydraemia* und *catarrhus intest.*)	2 J. 2 M.	0,500	3,351	0,940	0,030	0,083	3,558	1 : 6,7	1 : 7	
Russe (*Gangraena scroti*)	2 » 10 »	0,530	4,530	1,080	0,027	0,058	5,695	1 : 8,5	1 : 10,7	
Russe (*Pneumonia acuta*)	3 Jahr	0,530	3,820	0,820	0,025	0,032	4,747	1 : 7	1 : 8,9	
Russin (*Catarrh. intest. chron.*)	4 »	0,570	4,710	0,710	0,016	0,042	5,478	1 : 8	1 : 9,6	
Russin (*Catarrh. int. chr.*)	7 »	0,640	5,510	1,200	0,020	0,070	6,800	1 : 8,6	1 : 10	
Russe (*Catarrh. intes.*)	9 »	0,680	4,910	1,410	0,043	0,048	6,411	1 : 7	1 : 9,4	
Russe (*Catarrh. int. chr.*)	11 »	0,675	5,280	1,050	0,012	0,120	6,462	1 : 7,8	1 : 9,5	
Russe (*Catarrh. int. chr.*)	12 »	0,735	5,855	1,560	0,034	0,070	7,519	1 : 7,9	1 : 10	
Russe (*Catarrh. int. chr.*)	13 »	0,750	5,030	1,320	0,038	0,047	6,435	1 : 6,8	1 : 8,8	
Russe (*Pneumonia chron.*)	16 »	0,780	6,980	1,720	0,048	0,085	8,833	1 : 8,9	1 : 11	
Russe (*Typh. abdom., Pyaemia*)	17 »	0,820	6,070	1,610	0,065	0,087	7,832	1 : 7	1 : 9,4	
Russe (*Pleuro-pneumon. Peritonit.*)	18 »	0,910	5,590	1,180	0,051	0,066	6,887	1 : 6	1 : 7,5	
Russe (*Pleuro-pneum. simist.*)	18 »	0,870	6,090	1,200	0,042	0,060	7,392	1 : 7	1 : 8,4	
Russe (*Typh. abdom.*)	18 »	0,840	6,870	1,580	0,058	0,140	8,648	1 : 8	1 : 10	
Russe (*Febr. recurr., Peritonit.*)	21 »	0,850	7,010	1,520	0,047	0,065	8,642	1 : 8	1 : 10	
Russe (*Pneum. chron.*)	23 »	0,827	5,570	1,809	0,057	0,124	7,641	1 : 6,7	1 : 9	
Russe (*Pneum. chron.*)	24 »	0,960	8,590	1,680	0,075	0,110	10,455	1 : 8,9	1 : 10	
Finne (*Pneum. chron.*)	24 »	0,845	5,730	1,260	0,030	0,080	7,100	1 : 6,7	1 : 8,4	
Russe (*Typh. exanth.*)	25 »	0,880	5,725	1,650	0,032	0,087	6,494	1 : 6,5	1 : 7,3	
Russin (*Peritonitis ac.*)	27 »	0,820	4,760	1,210	0,012	0,082	6,064	1 : 5,9	1 : 7,3	
Finne (*Catarrh. int. chr.*)	28 »	0,870	6,940	1,770	0,063	0,100	8,873	1 : 7,9	1 : 10	
Russe (*Pneum. chron.*)	30 »	0,860	5,560	1,650	0,027		7,237	1 : 6,4	1 : 8,4	
Russin (*Meningitis*)	30 »	0,880	6,620	1,670	0,030	0,100	8,420	1 : 7,5	1 : 9,5	
Russe (*Pneum. chr.*)	32 »	0,945	8,070	2,270		0,047	10,387	1 : 8,5	1 : 10	
Russin (*Pneum. chr.*)	35 »	0,840	7,340	1,470	0,065	0,097	8,975	1 : 8,7	1 : 10	
Russe (*Pneum. chr.*)	38 »	0,865	6,730	1,720	0,045	0,090	8,585	1 : 7,7	1 : 9,9	
Russe (*Pleuritis*)	40 »	0,850	6,320	1,700	0,050	0,100	8,170	1 : 7,4	1 : 9,8	
Russe (alte *Amputatio penis, Pleuritis*)	42 »	0,910	10,550	1,450	0,032	0,040	12,072	1 : 11	1 : 13	
Russe (*Pneumon. chron.*)	43 »	0,930	7,060	1,400	0,029	0,092	8,571	1 : 7,5	1 : 9	
Russe (*Vitium cordis*)	45 »	0,860	7,030	1,570	0,055	0,080	8,735	1 : 8	1 : 10	
Russin (*Erysipelas*)	47 »	0,885	5,920	1,560	0,037	0,084	7,601	1 : 6,6	1 : 8,5	
Finnin (*Cancer pylori*)	50 »	0,850	4,890	1,375	0,052	0,087	6,404	1 : 5,7	1 : 7,5	
Russe (*Catarrh. int. chr.*)	55 »	0,895	6,400	1,735	0,038	0,070	8,243	1 : 7	1 : 9	
Russe (*Marasm. senil.*)	60 »	0,855	4,720	1,180	0,035	0,075	6,000	1 : 5,5	1 : 7	
Finnin (*Marasm. senil.*)	64 »	0,840	5,860	1,860	0,058	0,115	7,893	1 : 6,9	1 : 9	

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Russin (*Catarrh. intest. chr.*)	69 Jahr	0,845	5,770	1,400	0,033	0,065	7,268	1 : 6,8	1 : 8,6	
Russin (*Catarrh. int. chr.*)	70 »	0,815	6,510	1,490	0,035	0,039	8,074	1 : 7,9	1 : 9,9	
Deutsche (*Marasm. senil.*)	74 »	0,770	5,570	1,280	0,071	0,063	6,984	1 : 7	1 : 9	
Russin (*Emphysema*)	80 »	0,815	4,680	1,400	0,057	0,038	6,175	1 : 5,7	1 : 7,5	
Russin (*Pneumon. acut.*)	83 »	0,815	6,670	1,360	0,029	0,050	8,190	1 : 8	1 : 9,9	
Simiae.										
Simia satyrus ♂	ausgew.	0,450	3,285	1,430	0,051	0,125	4,891	1 : 7,2	1 : 11	1 : 8
Simia troglodytes ♂	»	0,412	4,500	0,985	0,045	0,165	5,695	1 : 10,9	1 : 13,8	
Cercopithecus subviridis ♂	»	0,310	1,390	0,240	0,025		1,655	1 : 4,4	1 : 5,3	
Cercopithecus petaurista ♂	»	0,290	1,380	0,345	0,035		1,750	1 : 4,7	1 : 6	1 : 6
Cercopithecus cynosurus ♂	»	0,400	1,940	0,910	0,045		2,895	1 : 4,8	1 : 7	
Macacus nemestrinus ♂	»	0,455	3,790	1,515	0,075		5,370	1 : 8	1 : 11	
Macacus rhesus ♂	»	0,350	1,710	0,790	0,055		2,555	1 : 4,8	1 : 7,3	
Macacus radiatus ♂	»	0,250	1,455	0,530	0,035		2,020	1 : 5,8	1 : 8	1 : 8
Macacus ♀	»	0,330	1,860	1,010	0,060		2,930	1 : 5,6	1 : 8,8	
Macacus ♂	»	0,310	1,620	0,520	0,045		2,185	1 : 5	1 : 7	
Cynocephalus ♂	»	0,470	2,385	1,120	0,075		3,580	1 : 5	1 : 7,6	
Cynocephalus ♀	»	0,410	2,680	0,860	0,045		3,585	1 : 6,5	1 : 8,7	1 : 5
Cynocephalus ♂	»	0,440	3,400	1,065	0,070		4,535	1 : 7,7	1 : 10	1 : 6,7
Cynocephalus ♀	»	0,430	2,360	1,100	0,050		3,510	1 : 5,4	1 : 8	1 : 8,2
Cynocephalus ♀	»	0,465	3,580	1,660	0,060		5,300	1 : 7,7	1 : 11	1 : 8,5
Cebus apella ♀	*foetus*	0,125	0,305	0,135	0,005		0,445	1 : 2,4	1 : 3,5	
Cebus apella ♀	sehr jung	0,180	0,660	0,300	0,025		0,985	1 : 3,6	1 : 5,4	
Cebus apella ♂	ausgew.	0,230	1,300	0,200	0,026		1,526	1 : 5,6	1 : 6,6	1 : 4,6
Cebus apella ♀	»	0,235	1,320	0,485	0,055		1,860	1 : 5,6	1 : 7,9	1 : 8
Cebus apella ♂	»	0,285	1,520	0,230	0,035		1,785	1 : 5,4	1 : 6,3	
Cebus apella ♀	»	0,350	2,195	1,105	0,042		3,342	1 : 6	1 : 9,5	
Jacchus vulgaris ♂	»	0,130	0,440	0,170	0,042		0,652	1 : 3,3	1 : 5	1 : 5
Prosimii.										
Lemur ♀	jung	0,170	0,460	0,165	0,042		0,667	1 : 2,4	1 : 3,9	1 : 4,3 1 : 4,8
Lemur ♂	ausgew.	0,250	0,600	0,460	0,110		1,170	1 : 2,4	1 : 4,6	1 : 5 1 : 6
Volitantia.										
Galeopithecus variegatus ♂	jung	0,200	0,400	0,290	0,112		0,802	1 : 2	1 : 4	1 : 6 1 : 7,8
Pteropus edulis ♂	ausgew.	0,175					1,162		1 : 6,8	1 : 6
Pteropus edulis ♂	»	0,260					1,563		1 : 6	
Pteropus ursinus ♂	»	0,190					1,200		1 : 6	
Pteropus ursinus ♀	»	0,225					1,420		1 : 6	
Vespertilio noctula ♂	»	0,080					0,185		1 : 2,3	1 : 2
Vespertilio noctula ♂	»	0,090					0,174		1 : 1,9	
Vespertilio Whitei ♀	»	0,061					0,140		1 : 2,1	

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältnis d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältnis d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Vespertilio borealis ♀	ausgew.	0,050					0,102		1 : 2	
Nycteris thebaica ♂	»	0,060					0,131		1 : 2,1	
Nycteris thebaica ♀	»	0,070					0,142		1 : 2	
Rhinolophus ferrum equinum ♀	»	0,076					0,170		1 : 2,3	1 : 3
Rhinolophus ferrum equinum ♂	»	0,070					0,160		1 : 2,2	
Insectivora.										
Erinaceus europaeus ♂	ausgew.	0,190					1,620		1 : 8,5	1 : 6
Erinaceus auritus ♂	»	0,152					0,776		1 : 5	
Erinaceus hypomelas ♂	»	0,185					0,960		1 : 5	
Sorex gracilura ♀	»	0,158					0,430		1 : 2,7	
Sorex ♂	»	0,068					0,160		1 : 2,3	1 : 3,6
Myogale moschata ♂	»	0,220					2,480		1 : 11	
Myogale moschata ♀	»	0,220					2,445		1 : 11	
Myogale pyrenaica ♀	»	0,110					0,880		1 : 8	
Talpa europaea ♀	»	0,095					1,215		1 : 12	1 : 8
Talpa europaea ♂	»	0,090					1,114		1 : 12	
Condylura cristata ♀	»	0,120					1,130		1 : 9,4	
Carnivora.										
Cercoleptes caudivolvulus ♂	ausgew.	0,330					1,390		1 : 4	
Cercoleptes caudivolvulus ♀	»	0,455					2,055		1 : 4,5	
Nasua fusca ♂	jung	0,260					1,370		1 : 5	
Nasua fusca ♂	ausgew.	0,545					3,030		1 : 5,5	1 : 6
Ursus arctos ♂	1 Mon.	0,265					2,130		1 : 8	
Ursus arctos ♂	2—3 Mon.	0,390					2,710		1 : 6,9	
Ursus arctos ♂	4—5 »	0,620					5,690		1 : 9	
Ursus arctos ♂	*foetus*	0,228					1,288		1 : 5,6	
Ursus arctos	ausgew.	1,352					10,700		1 : 8	Cuvier
Meles vulgaris ♂	»	0,740					5,688		1 : 7,6	
Mustela zibellina ♂	»	0,415					2,160		1 : 5	
Mustela zibellina ♀	»	0,420					1,910		1 : 4,5	1 : 4,5
Mustela zibellina ♀	»	0,435					2,130		1 : 4,8	
Mustela martes ♂	»	0,485					2,140		1 : 4,4	1 : 4,3
Mustela putorius ♂	»	0,390					2,040		1 : 5	1 : 5,6
Mustela putorius ♂	»	0,415					1,775		1 : 4,2	
Mustela alpina ♂	»	0,280					1,060		1 : 3,7	
Mustela erminea ♀	jung	0,097					0,215		1 : 2,2	
Mustela erminea ♂	ausgew.	0,195					0,845		1 : 4,3	1 : 4
Mustela erminea ♀	»	0,185					0,700		1 : 3,7	
Mustela lutreola ♂	jung	0,290					1,885		1 : 6,5	
Mustela lutreola ♀	ausgew.	0,350					1,620		1 : 4,6	
Mustela lutreola ♀	»	0,355					1,610		1 : 4,5	
Mustela lutreola ♂	»	0,390					2,210		1 : 5,6	1 : 5,8
Mustela galera ♀	jung	0,255					0,760		1 : 3	
Gulo vittatus ♀	ausgew.	0,390					1,312		1 : 3,3	1 : 5
Lutra vulgaris ♂	jung	0,210					1,015		1 : 4,8	
Lutra vulgaris ♂	»	0,325					2,265		1 : 6,9	
Lutra vulgaris	ausgew.	0,594					3,463		1 : 5,8	Cuvier

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Dickdarms zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zu ganzen Darm.	Andere Autoren.
Enhydris lutris ♂	sehr jung	0,280					2,410		1 : 8,6	
Herpestes Ichneumon ♀	ausgew.	0,340	1,020	0,130	0,021		1,171	1 : 3	1 : 3,4	1 : 1,3
Herpestes Ichneumon ♂	»	0,370	1,345	0,210	0,027		1,582	1 : 3,6	1 : 4,2	1 : 3
Paradoxurus typus ♀	»	0,415	1,735	0,140	0,020		1,895	1 : 4	1 : 4,5	
Canis familiaris ♀	eine Woche	0,162	0,520	0,063	0,008		0,591	1 : 3	1 : 3,6	
Canis familiaris ♂	»	0,168	0,570	0,066	0,006		0,642	1 : 3,3	1 : 3,8	
Canis familiaris ♂	1 Mon.	0,235	1,040	0,128	0,036		1,204	1 : 4,4	1 : 5	
Canis familiaris ♂	2½ Mon.	0,360	2,230	0,260	0,037		2,527	1 : 6	1 : 6,9	
Canis familiaris ♀	»	0,450	1,960	0,250	0,050		2,260	1 : 4,3	1 : 5	
Canis familiaris ♂	ausgew.	0,940	5,780	0,700	0,220		6,700	1 : 6	1 : 7	1 : 5
Felis catus dom. ♂	*foetus*	0,145	0,550	0,070	0,005		0,625	1 : 3,8	1 : 4,3	1 : 8,5
Felis catus dom. ♀	jung	0,170	0,705	0,106	0,005		0,816	1 : 4	1 : 4,8	
Felis catus dom. ♂	»	0,172	0,550	0,085	0,007		0,642	1 : 3	1 : 3,7	
Felis catus dom. ♂	»	0,170	0,545	0,078	0,007		0,630	1 : 3	1 : 3,7	
Felis catus dom. ♂	»	0,180	0,560	0,075	0,008		0,643	1 : 3	1 : 3,5	
Felis catus dom. ♂	»	0,333	1,815	0,215	0,030		2,060	1 : 5,4	1 : 6,2	
Felis catus dom. ♂	ausgew.	0,355	1,560	0,290	0,009		1,859	1 : 4,3	1 : 5	1 : 5
Felis catus dom. ♀	»	0,485	1,770	0,330	0,019		2,119	1 : 3,6	1 : 4,3	1 : 5,25
Felis catus ferus ♂	jung	0,240	0,520	0,100	0,009		0,629	1 : 2,1	1 : 2,4	1 : 3
Felis tigris ♀	neugeb.	0,265	1,210	0,120	0,009		1,339	1 : 4,6	1 : 5	
Felis tigris ♀	einige Tage	0,265	1,080	0,135	0,010		1,225	1 : 4	1 : 4,6	
Felis tigris ♂	»	0,280	1,280	0,115	0,005		1,400	1 : 4,5	1 : 5	
Felis pardus ♀	neugeb.	0,250	0,730	0,113	0,010		0,853	1 : 2,9	1 : 3,4	
Felis pardus	ausgew.	1,176	4,383	0,974	0,087		5,444	1 : 3	1 : 4,8	Cuvier
Felis onca ♀	neugeb.	0,245	0,700	0,110	0,009		0,819	1 : 2,8	1 : 3,3	
Felis onca	ausgew.	0,793	2,137	0,310	0,045		2,492	1 : 2,6	1 : 3,2	Cuvier
Felis concolor ♂	neugeb.	0,270	0,725	0,130	0,010		0,865	1 : 2,6	1 : 3	
Felis concolor ♂	einige Tage	0,305	1,040	0,150	0,010		1,200	1 : 3,3	1 : 3,9	
Felis concolor	ausgew.	1,136	3,355	0,703	0,040		4,098	1 : 2,9	1 : 3,5	Cuvier
Marsupialia.										
Didelphys (*Cayenne*) ♀	ausgew.	0,165	0,300	0,092	0,030		0,422	1 : 1,8	1 : 2,5	
Didelphys virginiana ♀	»	0,310	0,950	0,155	0,035		1,140	1 : 3	1 : 3,6	1 : 3,6
Dasiurus viverrinus ♀	»	0,325					0,640		1 : 2	1 : 2,4
Perameles nasutus ♀	»	0,400	0,990	0,330	0,120		1,440	1 : 2,2	1 : 3,6	1 : 3,5
Petaurus ♂	»	0,170	0,650	0,130	0,083		0,864	1 : 3,8	1 : 5	1 : 9,2
Phalangista vulpina ♀	jung	0,131	0,623	0,180	0,070		0,873	1 : 4	1 : 6,6	
Phalangista vulpina ♂	»	0,148	0,465	0,250	0,085		0,800	1 : 3	1 : 5,4	
Phalangista vulpina ♂	ausgew.	0,380	2,230	1,360	0,628		4,218	1 : 5,9	1 : 11	1 : 11,8
Phalangista vulpina ♂	»	0,480	2,820	1,770	0,600		5,190	1 : 5,8	1 : 10,8	
Phascolarctos cinereus ♂	»	0,645	2,560	4,770	2,170		9,500	1 : 4	1 : 10,4	
Hypsiprimnus murinus ♂	»	0,385	1,580	0,900	0,055		2,535	1 : 4	1 : 6,5	
Hypsiprimnus murinus ♀	»	0,320	1,170	0,880	0,060		2,110	1 : 3,6	1 : 6,5	1 : 5,6
Halmaturus giganteus ♀	jung	0,195	0,648	0,220	0,025		0,893	1 : 3,3	1 : 4,6	
Halmaturus giganteus	ausgew.	1,298	9,417	3,517	0,432		13,366	1 : 7	1 : 10	Cuvier
Phascolomys Wombat ♂	»	0,570	3,365	4,005	0,028	0,028	7,426	1 : 5,8	1 : 13	1 : 8
Rodentia.										
Sciurus vulgaris ♂	ausgew.	0,110	0,450	0,180	0,030		0,660	1 : 4	1 : 6	
Sciurus vulgaris ♂	»	0,110	0,610	0,160	0,055		0,825	1 : 5,5	1 : 7,5	1 : 12,6

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Sciurus vulgaris ♀	ausgew.	0,155	0,725	0,270	0,040		1,035	1 : 5	1 : 7	
Sciurus caucasicus ♂	»	0,268	0,976	0,402	0,103		1,481	1 : 3,6	1 : 5,4	
Pteromys volans ♀	»	0,163	1,121	0,652	0,297		2,070	1 : 7	1 : 12	1 : 11,2
Pteromys volans ♂	»	0,170	0,902	0,602	0,212		1,716	1 : 5,3	1 : 10	
Pteromys volans ♂	»	0,172	1,053	0,661	0,290		2,004	1 : 6	1 : 11	
Arctomys marmota ♀	»	0,465	1,890	1,005	0,058		2,953	1 : 4	1 : 6,3	1 : 8
Spermophilus erytragus ♀	jung	0,156	0,600	0,254	0,091		0,945	1 : 3,8	1 : 6	
Spermophilus erytragus ♀	ausgew.	0,225	0,905	0,400	0,064		1,369	1 : 4	1 : 6	1 : 4,2
Spermophilus citillus ♀	»	0,240	0,650	0,250	0,080		0,980	1 : 2,7	1 : 4	
Spermophilus guttatus ♂	»	0,178	0,671	0,254	0,071		0,996	1 : 3,7	1 : 5,6	
Myodes torquatus ♂	»	0,120	0,682	0,480	0,140		1,302	1 : 5,6	1 :10,8	
Myodes torquatus ♀	»	0,138	0,780	0,585	0,143		1,508	1 : 5,6	1 :10,9	
Castor fiber ♂	jung	0,210	0,515	0,160	0,015		0,690	1 : 2,4	1 : 3	
Castor fiber	ausgew.	0,630	4,302	1,298	0,270		5,870	1 : 6,8	1 : 9,8	Cuvier
Cricetus frumentarius ♀	»	0,258	1,540	0,467	0,252		2,259	1 : 6	1 : 8,7	1 : 6,3
Cricetus frumentarius ♀	»	0,288	0,883	0,550	0,112		1,545	1 : 3	1 : 5,3	
Mus decumanus ♀	»	0,203	1,615	0,193	0,100		1,908	1 : 8	1 : 9	1 : 8
Meriones obesus ♂	jung	0,117	0,401	0,252	0,103		0,756	1 : 3,4	1 : 6	
Meriones obesus ♀	ausgew.	0,164	0,640	0,520	0,180		1,340	1 : 3,5	1 : 8	
Meriones obesus ♂	»	0,190	0,480	0,388	0,233		1,101	1 : 2,5	1 : 5,7	
Arvicola ♀	»	0,110	0,360	0,300	0,161		0,821	1 : 3	1 : 7	
Arvicola ♂	»	0,117	0,425	0,313	0,198		0,936	1 : 3,5	1 : 8	
Fiber zibethicus ♂	»	0,290	1,105	1,059	0,492		2,656	1 : 8	1 : 9	1 : 4,7
Spalax typhlus ♂	»	0,240	1,115	0,881	0,320		2,266	1 : 4,6	1 : 9,4	1 : 8
Spalax typhlus ♂	»	0,264	1,350	0,952	0,230		2,532	1 : 5	1 : 9,5	
Georhychus aspalax ♀	»	0,240	1,260	0,795	0,343		2,398	1 : 5	1 : 9,9	1 : 10,7
Habrocoma Bennetti ♂	»	0,205	1,609	0,585	0,267		2,461	1 : 7,8	1 : 12	
Dipus jaculus ♀	»	0,197	0,783	0,478	0,216		1,477	1 : 4	1 : 7,5	
Dipus jaculus ♀	»	0,210	0,780	0,424	0,122		1,326	1 : 3,7	1 : 6,3	
Dipus acontion ♂	»	0,175	0,620	0,424	0,232		1,276	1 : 3,5	1 : 7	
Cercolabes prehensilis ♀	»	0,520	3,432	1,375	1,080		5,887	1 : 6,6	1 : 11	1 : 5,7
Geomys bidbivora ♀	»	0,195	0,650	0,360	0,078		1,088	1 : 3,3	1 : 5,5	
Dasyprocta Aguti ♀	jung	0,270	2,710	0,470	0,100		3,280	1 : 10	1 : 12	
Dasyprocta Aguti,	ausgew.	0,412	3,910	1,980	0,260		5,140	1 : 9,5	1 :12,4	Duvernoy
Dasyprocta Aguti.	»	0,570	3,300	1,290	0,280		5,470	1 : 5,7	1 : 9	Duvernoy
Coelogenys Paca ♂	jung	0,295	1,870	0,750	0,160		2,780	1 : 6,2	1 : 9,4	
Coelogenys Paca ♂	»	0,310	2,086	0,792	0,159		3,037	1 : 6,7	1 : 9,8	
Coelogenys Paca	ausgew.	0,470	2,370	2,810	0,400		5,680	1 : 5	1 :12,5	Cuvier
Cavia aperca ♀	»	0,220	1,335	1,090	0,140		2,465	1 : 6	1 : 11	
Cavia cobaya ♂	neugeb.	0,105	0,600	0,340	0,045		0,985	1 : 5,7	1 : 9	
Cavia cobaya ♀	»	0,110	0,610	0,330	0,045		0,985	1 : 5,5	1 : 9	
Cavia cobaya ♀	13 Tage	0,120	0,980	0,590	0,045		1,615	1 : 8	1 :10,3	
Cavia cobaya ♀	6 Wochen	0,220	1,300	1,000	0,090		2,390	1 : 5,9	1 :10,8	1 : 8,9
						Divert.				
Lagomys alpinus ♀	ausgew.	0,235	2,216	0,553	0,370	0,019	3,158	1 : 9,4	1 :10,3	
Lagomys alpinus ♂	»	0,220	1,896	0,720	0,314	0,029	2,959	1 : 8,6	1 :10,3	
Lagomys alpinus ♀	»	0,215	1,780	0,690	0,272	0,031	2,773	1 : 8	1 :10,2	
Lagomys pusillus ♂	»	0,164	1,065	0,358	0,290	0,018	1,751	1 : 6,6	1 :10,6	1 : 10
Lagomys ogotonna ♀	»	0,180	1,080	0,332	0,270	0,015	1,697	1 : 6	1 : 9	1 : 10,8
Lepus cuniculus dom. ♀	*foetus*	0,104	0,360	0,105	0,045		0,500	1 : 3	1 : 4,8	
Lepus cuniculus dom. ♂	jung	0,195	0,730	0,280	0,090		1,100	1 : 3,7	1 : 5,6	
Lepus cuniculus dom. ♀	»	0,200	0,850	0,310	0,100		1,260	1 : 4	1 : 6	
Lepus cuniculus dom. ♂	»	0,205	0,815	0,240	0,090		1,145	1 : 4	1 : 5,5	
Lepus cuniculus dom. ♂	1½ Mon.	0,250	1,900	0,705	0,380		2,985	1 : 7,6	1 :11,9	1 : 11.6
Lepus cuniculus dom. ♂	ausgew.	0,435	1,980	1,015	0,480		3,475	1 : 4,5	1 : 8	1 : 9,3
Lepus cuniculus dom. ♂	»	0,560	2,900	1,215	0,510		4,625	1 : 5,1	1 : 8,2	

Namen.	Alter.	Körperlänge.	Länge des Dünndarms.	Länge des Dickdarms.	Länge des *coecum*.	Länge des *processus vermicularis*.	Länge des ganzen Darms.	Verhältniss d. Länge des Körpers zum Dünndarm.	Verhältniss d. Länge d. Körpers zum ganzen Darm.	Andere Autoren.
Edentata.										
Bradypus tridactylus ♂	*foetus*	0,135					0,444		1 : 3,2	
Bradypus tridactylus ♀	»	0,145	0,300	0,100			0,400	1 : 2	1 : 2,7	
Bradypus tridactylus ♀	einige Tage	0,210	0,750	0,170			0,920	1 : 3,5	1 : 4,3	
Bradypus tridactylus ♂	»	0,260					1,322		1 : 4,7	
Bradypus tridactylus ♀	ausgew.	0,310	0,840	0,210			1,050	1 : 2,7	1 : 3,3	1 : 3,5
Dasypus novemcinctus ♂	*foetus*	0,123	0,750	0,063			0,813	1 : 6	1 : 6,6	
Dasypus novemcinctus ♀	»	0,155	0,884	0,085			0,969	1 : 5,7	1 : 6	
Dasypus novemcinctus ♀	neugeb.	0,210	1,125	0,100			1,225	1 : 5,3	1 : 5,8	
Dasypus novemcinctus ♂	einige Tage	0,200	1,720	0,130			1,850	1 : 8,6	1 : 9	1 : 7
Dasypus novemcinctus ♂	ausgew.	0,420	3,030	0,380			3,410	1 : 7,2	1 : 8,1	1 : 3,4
Dasypus novemcinctus ♀	»	0,425	4,370	1,725			6,905	1 : 10,2	1 : 14,2	
Dasypus novemcinctus ♂	»	0,460	3,970	0,880			4,850	1 : 8,6	1 : 10,5	
Myrmecophaga didactyla ♀	»	0,233	0,855	0,105	je 0,006		0,960	1 : 3,6	1 : 4	1 : 3,8
Myrmecophaga didactyla ♂	»	0,190	0,600	0,076	je 0,005		0,676	1 : 3	1 : 3,5	
Myrmecophaga tetradactyla ♀	*foetus*	0,230	0,785	0,120			0,905	1 : 3,4	1 : 3,9	
Echidna hystrix ♀	ausgew.	0,260	2,290	0,380	0,010		2,680	1 : 8,8	1 : 10,3	1 : 7,8
Echidna hystrix ♂	»	0,280	1,914	0,314	0,012		2,240	1 : 6,8	1 : 8	1 : 6
Ornithorynchus paradoxus ♂	»	0,351	1,635	0,505	0,037		2,177	1 : 4,6	1 : 6	1 : 5,2 1 : 5,6 1 : 4,6
Ruminantia.										
Camelopardalis Giraffa ♂	ausgew.	2,595	39,590	18,370	0,890		58,850	1 : 10,5	1 : 20,2	1 : 13,5
Pinnipedia.										
Phoca vitulina ♂	*foetus*	0,173	1,247	0,055	0,003		1,305	1 : 7	1 : 7,5	
Phoca vitulina ♀	»	0,280	2,190	0,240	0,005		2,435	1 : 7,8	1 : 8,7	
Phoca vitulina ♀	»	0,372	3,945	0,210	0,006		4,161	1 : 10,6	1 : 11	
Phoca vitulina ♀	jung	0,420	4,330	0,244	0,005		4,579	1 : 10,3	1 : 10,9	1 : 28
Phoca annellata ♂	»	0,425	4,400	0,560	0,006		4,966	1 : 10,3	1 : 11,6	1 : 25
Phoca vitulina ♂	ausgew.	1,008	19,470	0,555	0,040		19,965	1 : 19	1 : 19,8	1 : 20
Phoca vitulina ♀	»	1,120	19,730	0,570	0,024		20,324	1 : 17,6	1 : 18,4	1 : 15
Otaria ursina ♂	*foetus*	0,179	3,320	0,070	0,003		3,393	1 : 18,5	1 : 18,9	1 : 15
Delphinus delphis ♀	»	0,186					0,540		1 : 3	
Delphinus delphis ♂	»	0,293					2,315		1 : 7,9	
Delphinus phocaena	ausgew.	1,240					14,150		1 : 11,4	Cuvier

Ich benutze die gegebene Tabelle vorerst um die Länge des Darmkanals in Beziehung auf die Altersunterschiede der Individuen zu besprechen. Theilt man sämmtliche Messungen an menschlichen Kadavern in Bezug auf das Alter in fünf Klassen, und zwar: in Embryonen bis zu Ende des 5. Monats (Länge 3—20 Cntm.), in Embryonen bis zur Geburt (Länge von 22—44,5 Cntm.), in Kinder bis zum ersten Lebensjahre (Länge von 47—58 Cntm.),

in junge Personen bis zum 16. Jahre (Länge von 51—78 Cntm.) und endlich in Erwachsene (Länge von 80—93 Cntm.), so erhalten wir folgende Verhältnisse des Dünndarms zur Körperlänge. Ich nehme speciell den Dünndarm, erstens weil er es ist, der in Bezug zur Nahrungsaufnahme und also bei Entwickelung des Individuum den wichtigsten Theil des Darmkanals vorstellt und zweitens weil ich dadurch die Beobachtungen Anderer mit den von mir gewonnenen Zahlen vergleichen kann.

Die Länge des Körpers verhält sich zu der relativen des Dünndarms:

bei Embryonen bis zum 5. Monat	wie	1	zu	4,2
» » » zur Geburt . .	»	1	»	5,9
bei Kindern bis zum 1. Jahre . . .	»	1	»	6,6
» » » » 16. Jahre . .	»	1	»	7,6
bei Erwachsenen	»	1	»	7,2

Man sieht aus diesen Zahlen, dass das Wachsthum des Darmkanals sowohl zur Zeit des intrauterinen Lebens, als auch nach der Geburt und in der Periode der Pubertät ein gleichmässig fortschreitendes ist, und dass derjenige Altersabschnitt, in welchem der Körper zur endlichen Entwickelung aller seiner Theile auch die grösste Fläche zur Assimilation der aufgenommenen Nahrung bedarf, in der That mit der grössten relativen Länge des Dünndarms zusammenfällt. Das spätere Alter, in welchem der Wachsthum des Organismus so gut wie beendet ist und die Nahrungszufuhr nur zur Erhaltung des schon Vollendeten verwendet wird, bietet auch einen relativ kürzeren Darm. Im Allgemeinen stimmen diese Resultate mit den Messungen von Meckel[1]) und Beneke[2]) überein.

Bei den Thieren scheinen etwas andere Verhältnisse zu existiren. In Voraus muss ich einen Umstand betonen, welcher auf die Wahrheit der erhaltenen Schlüsse von einigen Einfluss sein kann, nämlich die Unmöglichkeit mit Sicherheit ein junges noch in der Entwickelung begriffenes Thier von einem schon völlig ausgewachsenen zu unterscheiden.

Bei *Cebus:*

Länge des Körpers zum Dünndarm beim *foetus*	= 1 : 2,4
beim sehr jungen Thier	= 1 : 3,6
beim ausgewachsenen	= 1 : 5,6

Bei *Ursus arctos:*

beim *foetus*	= 1 : 5,6
beim sehr jungen Thier . .	= 1 : 8
beim ausgewachsenen	= 1 : 8

1) Meckel. Deutsches Archiv für die Physiologie. B. III. Halle 1817, p. 63.

2) Beneke. Ueber die Länge des Darmkanals bei Kindern. Deutsche medizinische Wochenschrift, VI, 32, 1880.

Bei *Canis familiaris:*

beim jungen Thier ..... = 1 : 4,2
beim ausgewachsenen .... = 1 : 6

Bei *Felis catus domesticus:*

beim *foetus* ..... = 1 : 3,8
beim jungen Thier ..... = 1 : 3,6
beim ausgewachsenen .... = 1 : 3,9

Bei *Phalangista vulpina:*

beim jungen Thier ..... = 1 : 2,5
beim ausgewachsenen .... = 1 : 5,8

Bei *Dasyprocta Aguti:*

beim jungen Thier ..... = 1 : 10
beim ausgewachsenen .... = 1 : 7,6

Bei *Coelogenys Paca:*

beim jungen Thier ..... = 1 : 6,4
beim ausgewachsenen .... = 1 : 5

Bei *Lepus cuniculus:*

beim *foetus* ..... = 1 : 3
beim jungen Thier ..... = 1 : 4,8
beim ausgewachsenen .... = 1 : 4,8

Bei *Bradypus tridactylus:*

beim *foetus* ..... = 1 : 2,9
beim jungen Thier ..... = 1 : 4,5
beim ausgewachsenen .... = 1 : 3,3

Bei *Dasypus novemcinctus:*

beim *foetus* ..... = 1 : 5,6
beim jungen Thier ..... = 1 : 8,6
beim ausgewachsenen .... = 1 : 8,6

Bei *Phoca vitulina:*

beim *foetus* ..... = 1 : 8,4
beim jungen Thier ..... = 1 : 10,3
beim ausgewachsenen .... = 1 : 18,3

Aus den gegebenen Zahlen ist ersichtlich, dass während einige Thierklassen in Bezug auf die Länge des Dünndarms zu einer bestimmten Altersperiode dem Menschen ähnlich sind, wieder andere, und zwar wie es scheint die Mehrzahl, entweder erst zur Zeit der abgeschlossenen Entwickelung des Körpers die grösste relative Länge des Darmkanals erreichen oder schon um die Geburt diejenige relative Länge des Darms besitzen, welche für das ganze übrige Leben eine konstante bleibt. Sogar sehr nahe unter einander verwandte Thiere, z. B. die Katzenarten, bieten in dieser Hinsicht keine Uebereinstimmung, während bei der Hauskatze und Anderen die relative Darmlänge in jedem Alter fast die gleiche ist, findet sich bei *Felis onca* und *concolor* ein dem Menschen ähnliches Verhalten. Im Allgemeinen kann man nur sagen, dass der Darm vor der Geburt bei allen Thieren relativ zum Körper kleiner ist als nach der Geburt. Crampe fand bei Katzen, Hunden und Hausmäusen die jüngeren Individuen mit längeren Därmen versehen als die erwachsenen, machte aber gleichzeitig die Bemerkung, dass es auch Hunderaçen giebt bei denen das umgekehrte Verhältniss statt hat.

Während bei der Betrachtung der relativen Länge des Dünndarms für die einzelnen Altersperioden bestimmte Beziehungen nicht zu übersehen sind, entzieht sich die absolute Länge jeder Vorausberechnung. Die Tabelle der Messungen an menschlichen Leichen ist der beste Beweis dafür, weder das intrauterine Leben, noch das extrauterine sind von diesen kolossalen Schwankungen der absoluten Länge des Darms frei. Da diese Unterschiede sich schon in solchen Embryonalperioden vorfinden, in welchen von einer Wirkung des Darminhalts noch keine Rede sein kann, so sind sie in diesem Alter einzig in der individuell verschiedenen Entwickelung der Organe der einzelnen Subjekte zu suchen. Eine gewisse Rolle scheint die Blutverwandtschaft zu spielen, wenigstens haben neugeborene Thiere, welche von ein und derselben Mutter geworfen worden sind, häufig die annähernd gleiche absolute Darmlänge (Hund, Hauskatze, Meerschweinchen, Tiger u. A.)

Zur Erklärung der grossen Verschiedenheit in der absoluten und relativen Länge des Dünndarms nach der Geburt sowohl beim Menschen als auch bei den Säugethieren besitzen wir zwei Ursachen, welche nach der allgemeinen Meinung auf die Modifizirung der Längsmaasse des Darms einen grossen Einfluss haben, nämlich die Nahrung und sowohl allgemeine als auch örtliche Krankheitsprozesse. Beim Menschen sowohl wie beim Thier findet sich nach der Geburt eine, wenn auch kurze Periode, in der die Nahrung in Gestalt von Milch eine für alle Klassen gleichartige ist. Die Form, in welcher dieselbe den Darmkanal passirt und ihre leichte Verdaulichkeit ermöglichen uns mit vollem Rechte zu dem Schlusse, dass in dieser Periode der Darm sehr wenig unter dem Einflusse der eingenommenen Nahrung stehen wird, und dass grosse Differenzen in der absoluten Länge, wenn sie nicht schon früher bestanden haben, in dieser Periode sich nicht bilden können. Ganz anders gestaltet sich das Bild in den Zeitperioden, in welchen an die Stelle der einförmigen Milchnahrung eine gemischte sowohl aus leicht als aus schwer verdaulichen Stoffen zusammengesetzte tritt. Aus sämmtlichen bisher an Thieren gemachten Beobachtungen geht hervor,

dass eine leicht verdauliche Nahrung, mag dieselbe mehr animaler oder mehr vegetabilischer Natur sein, auf die Länge des Darmkanals sehr wenig verändernden Einfluss hat; im Gegentheil, wenn die Speise aus Stoffen besteht, welche wenig Nährwerth haben, und welche, um das Gefühl der Sättigung hervorzurufen, in grossen Massen in den Darmkanal eingeführt werden, letzterer unter dem Einfluss einer solchen Nahrung absolut länger wird. Beim Menschen ist es vorzüglich das kindliche Alter der ärmeren Klassen, welches unter den ebenberührten ungünstigen Verhältnissen zu leiden hat. Sämmtliche Kinder, welche ich zu messen die Gelegenheit hatte, waren die Abkömmlinge von armen Eltern und hatten also nothgedrungen an derselben an schwer verdaulichen Stoffen reichen Nahrung ihrer Eltern Theil nehmen müssen. Eine Darmlänge von 578,2 Cntm. bei einer Körperlänge von 47 Cntm. oder auch eine Darmlänge von 569,5 Cntm. bei einer Körperlänge von 53 Cntm. sind schwerlich auf andere Weise zu erklären. Eine Vergleichung mit Messungen des Darms von Kindern, welche unter günstigen Nahrungsverhältnissen sich befunden haben, wäre sehr wünschenswerth, mir war dieselbe unmöglich, da Kinder begüterter Eltern in der Klinik nur ausnahmsweise zur Sektion kommen. Jedenfalls ist der eben besprochene Umstand in Beziehung zur Thatsache, dass der Darm jüngerer Individuen relativ länger ist als der Erwachsener, und zwar wegen des gesteigerten Nahrungsbedürfnisses in Folge der schnellen Entwickelung, ebenfalls mit in Rechnung zu ziehen. Bleibt die Speise konstant eine wenig nahrhafte, einerlei ob vegetabilische oder animale, oder ist die Form ihrer Zubereitung eine solche, welche ihre Ueberführung aus dem Darm in den Organismus erschwert oder verzögert, so muss auch der Darmkanal des Erwachsenen eine grössere absolute Länge bleibend behalten, oder, würde man diesen Schluss weiter ausführen, es muss eine gewisse sociale Verschiedenheit in der Länge des Darms bestehen. Gewiss ist, dass die ärmere Klasse in Russland meistentheils durch die Quantität der Speise das ersetzen muss, was derselben an Qualität abgeht, die Nahrung ist wenigstens für die nördlichen und mittleren Provinzen eine fast rein vegetabische und eine sehr reiche an schwer oder gar nicht verdaulichen Stoffen. Es wäre durch Messungen der Darmlänge von Subjekten, welche der mehr begüterten Klasse angehören, zu beweisen ob ein Unterschied wirklich existirt, ihn *a priori* anzunehmen hat man das vollkommenste Recht.

Ein ähnliches Verhalten findet sich auch bei den Thieren. Beispielshalber führe ich folgenden Versuch an. Ausgehend von der Annahme, dass die vor nicht langer Zeit geworfenen Abkömmlinge einer Mutter, bei gleicher Körperlänge, auch eine annähernd gleiche absolute Darmlänge besitzen, nahm ich zwei einen halben Monat alte Hunde, welche bisher nichts als die Milch der Hündin erhalten hatten. Beide maassen 24,5 Cntm. Der eine weibliche Hund erhielt als ausschliessliches Futter Kuhmilch, der andere männliche ausser Kuhmilch Brot, Kartoffeln und Fleisch, beide konnten fressen so viel sie wollten. Nach Verlauf von zwei Monaten wurden beide Hunde, welche sich ganz wohl befunden hatten, zu ein und derselben Zeit ersäuft und gemessen. Das allein mit Milch gefütterte Weibchen war 45 Cntm. lang und besass einen Dünndarm von 1960, einen Dickdarm von 250 und ein

coecum von 5,0; dass mit gemischter Speise aufgezogene Männchen war nur 36,5 Cntm. lang, besass aber einen Dünndarm von 2230, einen Dickdarm von 260 und ein *coecum* von 3,7. Der Darm des in der Körperentwickelung stark zurückgebliebenen Individuums war nichts destoweniger viel länger, als der des grösseren Thieres, die Darmweite betrug für das Männchen im Durchmesser: Dünndarm (in der Nähe des *coecum*) = 0,7, Dickdarm 1,1, *coecum* 1,4; für das Weibchen: Dünndarm 1,3, Dickdarm 1,3, *coecum* 1,3. Da irgend welche pathologische Erscheinungen von Seiten des Darmkanals vollkommen fehlten und da beide Hunde gleichmässig mit Milch gefüttert worden waren, so kann die Ursache der abnormen Länge des Darmtraktus des einen nur in der Form und verhältnissmässig schwereren Verdaulichkeit der der Milch beigemischten Stoffe gesucht werden. Crampe kam ebenfalls zu dem Schluss, dass es nicht die Natur sondern die Form der Nahrung ist, welche nicht nur die Länge, sondern auch die Breite des Darms bei den Thieren erhöht.

Da das eben Angeführte ebensogut wie für die Thiere als auch für den Menschen gilt, so würde man zu der Annahme berechtigt sein, dass die verschiedenen Nationen, welche in der Wahl ihrer Speise und der Zubereitungsart weit auseinander gehen, auch eine verschiedene Länge des Darmkanals besitzen. Selbstverständlich kann hier nur von einem Unterschiede in der relativen Länge die Rede sein, da die absoluten grössten und kleinsten Maasse mit allen ihren Uebergängen ohne Zweifel bei allen Völkern ohne Unterschied vorkommen müssen. Vergleichshalber führe ich die Resultate von Messungen anderer Autoren an.

In Bezug auf den Dünndarm erhielt:

Cruveilhier	als minimum	=	5649	maximum	=	7846	Mittel	= 6866
Meckel	»	»	= 4080	»	=	8473	»	= 5649
Richet	»	»	= 4393	»	=	8473		
Hoffmann	»	»	= —	»	=	—	»	= 7300
Luschka	»	»	= 2510	»	=	10670	»	= 7846
eigene Messung	»	»	= 4720	»	=	10550	»	= 6413

In Bezug auf die Länge des ganzen Darms:

Cruveilhier	minimum	=	6945	maximum	=	9466	Mittel	= 8224
Meckel	»	=	5176	»	=	9963	»	= 6982
Beneke (ohne *duodenum*)	»	=	5070	»	=	11490		
eigene Messung	»	=	6000	»	=	12072	»	= 7997

Nimmt man als Mittelzahl der Länge des Körpers eines erwachsenen Menschen in der Scheitel-Steisslinie 850, eine Zahl, die sowohl mit meinen Messungen an Russen als auch mit denen von Quételet und Beneke annähernd übereinstimmt, so erhält man als das Verhältniss des Körpers zum Dünndarm:

bei Franzosen . . . . . wie 1 : 8
bei Deutschen . . . . . wie 1 : 8,6
bei Russen . . . . . wie 1 : 7,5

und als Verhältniss des Körpers zum ganzen Darm:

bei Franzosen ..... wie 1 : 9,6
bei Deutschen ..... wie 1 : 8,2 (Meckel)
bei Russen ..... wie 1 : 9,4

Aus diesen Zahlen geht zur Genüge hervor, dass ein nationaler Unterschied in der Länge des Darmkanales bei den genannten drei Nationen nicht existirt. Ich muss hinzufügen, dass Gruber auf Grund von Messungen an 300 Leichen von Personen, welche in der hiesigen medico-chirurgischen Akademie zur Sektion kamen, die Beobachtung machte, dass bei denselben das Maximum der Länge des Darms, in Vergleich mit Messungen Anderer an Norddeutschen, sich häufiger vorfand.

In der Literatur trifft man nicht selten die Angabe, dass der Mensch seinem Darme nach zwischen den pflanzenfressenden zumal den wiederkäuenden Thieren, bei welchen er länger ist, und den Fleischfressern, bei welchen derselbe nur die dreifache Länge des Körpers besitzt, in der Mitte steht, zum Zeugnisse, dass für ihn eine aus Vegetabilien und Fleisch gemischte Nahrung bestimmt ist. Da aber das Maass des menschlichen Darmrohrs häufig variirt, bald länger, öfters aber viel kürzer gefunden wird, so nähert sich der Mensch auch von Seiten seines Darmkanals bald mehr den wiederkäuenden, bald mehr dem reissenden Geschlechte. (Luschka[1]). Von den Thieren ist es längst bewiesen, dass die Eintheilung derselben in *carnivore*, *herbivore* und *omnivore* ausschliesslich mit Bezugnahme auf die Länge ihres Darmkanals, eine nur annähernd richtige ist und dass zahlreiche Ausnahmen in allen Klassen vorkommen. Nicht die Dimensionen des Darms und auch nicht seine morphologische Gestalt (z. B. das Fehlen des Blinddarms bei einigen Nagern und Raubbeutlern), sondern der Gesammtbau des Thieres und die allgemeinen Bedingungen, unter welchen dasselbe lebt, zwingen es bald der einen, bald der andern Nahrung den Vorzug zu geben. Der histologische Bau des Darmkanals ist derartig, dass jedes Thier jede überhaupt verdauliche Nahrung assimiliren kann, mit andern Worten, der Darm adaptirt sich nach einiger Zeit, in welcher naturgemäss das Allgemeinbefinden leiden muss, jeder Speise an, falls dieselbe überhaupt die Bedingungen der Möglichkeit der Aufnahme in den Organismus besitzt. Nach Beispielen braucht man nicht lange zu suchen, in Bezug auf die Hausthiere sind sie zu bekannt um auf dieselben einzugehen, für wild lebende genügen folgende: Ratten können ausschliesslich von Fleisch leben, ohne irgend welche Nachtheile zu empfinden; es ist bekannt, dass die Eichhörnchen mit Vorliebe junge Vögel fressen; die während der deutschen Nordpolexpedition im Verlaufe des Winters 1870 geschossenen Eisbären hatten im Magen, bei Mangel jeder thierischen Speisereste, eine grosse Quantität von Seekraut (*laminaria*), der Mangel zwang also ein ausschliesslich auf Fleischnahrung angewiesenes Thier zeitweise von Vegetabilien zu existiren. Nach der Länge des Darmkanals, sowohl des Dünndarms als auch

1) Luschka. Maass- und Zahlenverhältnisse des menschlichen Körpers. Tübingen, 1871, p. 15.

des ganzen Darms, stimmt der Mensch am genauesten mit den wahren Affen überein, einer Thierklasse, welche sich nur von Pflanzenkost nährt. Wie bekannt ist aber der Mensch *omnivor*, ja er kann auch mit rein animalischer Nahrung, wenigstens eine Zeit lang, vollkommen genügend bestehen; es wäre jedoch widersinnig letzteren Umstand in irgend eine Beziehung, z. B. zu einem Wechsel in der Länge des schon ausgebildeten Dünndarms, zu bringen. Die zahlreichen Nordpolexpeditionen geben die besten Beispiele was ein Darmkanal durch Gewöhnung leisten kann. Die Mitglieder der letzten östreichischen Nordpol-Expedition 1872—1874 mussten während ihrer Schlittenreisen monatelang nur von halbrohem Bärenfleisch leben, ohne dass ihre Kräfte oder Gesundheit, mit Ausnahme von dysenterischen Erscheinungen, im Geringsten litten. Lieutenant Schwatka gewöhnte während des Winters 1878—1879, bei Mangel jeder vegetabilischen Nahrung, seinen Magen und Darmkanal an die Verdauung von rohem Rennthier- und Bärenfleisch, von Thran und roher Wallrosshaut, und legte mit einer derartigen Speise in 339 Tagen einen Weg von 6030 Kilometer zurück.

Welchen Einfluss pathologische Erscheinungen sowohl des ganzen Körpers als auch der Bauchhöhle auf die Länge des Darmkanals speziell beim Menschen haben, ist bis jetzt sehr wenig bekannt. Das merkwürdigste Beispiel eines absolut kurzen Darms findet sich bei Bonet[1]), ein 40-jähriger Mann war immer von Hunger gepeinigt, bei der Sektion fand sich ein ungefähr vier Spannen (circa 85 Cntm.) langer Darmkanal ohne jede Windung, nur S-förmig gekrümmt, aber beträchtlich weit. Meckel[2]) machte die Bemerkung, dass er oftmals gesehen habe, dass bei Darmentzündung mit folgender Wassersucht der Darmkanal auf ein Sechstel seiner ehemaligen Länge reducirt war. Die gleiche Meinung hat auch Dupuytren. Cruveilhier fand bei einer Frau, welche an chronischer Peritonitis gelitten hatte, den Dünndarm ohne *duodenum* nur 2196 Cntm. lang. Beneke[3]) kam auf Grund von Messungen von über 40 Kadavern Erwachsener zu dem Schluss, dass bei Personen, welche an Krankheiten mit atrophischem Charakter (Phtisen, cariösen Knochenleiden) zu Grunde gegangen sind, der Darm die relativ geringste Länge besitzt. Eine relativ mittlere Länge fand er bei Kranken, bei welchen der Ernährungsprozess gar nicht oder nur unbedeutend alterirt war. Krankheiten mit hypertrophischem Charakter (Fettsucht und Neubildungen) gaben die relativ grösste Länge. Gruppiren wir unsere Messungen je nach der Krankheit in die drei eben genannten Klassen und zählen zur ersten *pneumonia chronica*, *catarrhus intestinorum* und *marasmus senilis*, zur zweiten *emphysema*, *vitium cordis*, *erysipelas*, *pleuritis*, *peritonitis*, *pneumonia acuta*, *febris recurrens*, *typhus exanthematicus* und *abdominalis*, zur dritten den einzigen Fall von allgemeiner Fettsucht in Folge einer alten *amputatio penis*, so erhalten wir das Verhältniss des Körpers zur Länge des Dünndarms:

1) Bonet. Sepulcr. lib. III, sect. II, p. 14.

2) Meckel. Beiträge zur vergleichenden Anatomie. Leipzig, 1808, p. 115.

3) Beneke. Ueber die Länge und Capazität des menschlichen Darmkanals. Marburger Sitzungsberichte № 7, Okt. 1879.

in der ersten ..... wie 1 : 7,3
in der zweiten .... wie 1 : 7,4
in der dritten..... wie 1 : 11

Man kann hieraus folgern, dass der Einfluss von Krankheitsformen, welche speziell auf die Ernährung des ganzen Körpers einen hemmenden Einfluss haben, in Bezug auf die Länge des Dünndarms, in nichts sich von solchen unterscheidet, bei denen der Ernährungsprozess nicht direct affizirt ist.

Eine gewisse, aber durchaus nicht aussergewöhnliche Kürze besass der Darmkanal von Personen, welche an chronischer Peritonitis gelitten hatten. Dieselben Dimensionen bot auch der einzige Fall von *cancer pylori*, die Uebergangsstelle des Magens in den Zwölffingerdarm war so verengt, dass die Speisen nicht mehr durchtreten konnten, der ganze Darm war absolut leer, er war zwar sehr eng aber nicht besonders kurz.

Aus allem bisher Angeführten kann man mit vollem Rechte den Schluss ziehen, dass ein Darmkanal, welcher seine vollkommene Entwickelung einmal erreicht hat, für die übrige Zeit in seinen Längsdimensionen entweder gar keinen oder nur sehr geringen Schwankungen unterworfen ist, und dass Krankheiten und andere Einflüsse beim Erwachsenen die Länge des Darms nicht wesentlich modifiziren.

Untersucht man die Beziehungen des Geschlechts zur Länge des Dünndarms, so erhält man als Resultat bei gleicher Körperlänge auch die gleiche Darmlänge, sowohl für das weibliche als auch für das männliche Geschlecht. Dieser Satz gilt ebensogut für den Menschen als für die Thiere. Für ersteren stellte sich ein kleiner Unterschied im embryonalen Alter heraus, und zwar verhielt sich die Länge des Körpers zum Dünndarm:

bei Embryonen männlichen Geschlechts wie 1 : 5,5, weiblichen wie 1 : 4,6

bei Knaben .... wie 1 : 7,2, bei Mädchen ... wie 1 : 7,7
bei Männern ... wie 1 : 7,1, bei Frauen..... wie 1 : 7,1

Ein geschlechtlicher Unterschied ist also nicht vorhanden, obgleich man *a priori* hätte annehmen können, dass weibliche Subjekte, welche ausser den eigenen Organismus in bestimmten Perioden noch ihre Kinder zu ernähren haben, dem entsprechend einen relativ längeren Darmkanal als männliche haben müssten.

In Bezug auf das Verhalten der einzelnen Theile des Darmkanals zur Körperlänge und zu einander, verweise ich auf die Tabelle.

Ouvrages publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences par rapport aux animaux vertebrés:

T. IV, № 7. **Strauch, A.** Essai d'une Erpétologie de l'Algérie. 1862. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. V, № 7. **Strauch, A.** Chelonologische Studien, mit besonderer Beziehung auf die Schildkrötensammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. 1862. Mit 1 chromo-lith. Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. VII, № 4. **Marcusen, J.** Die Familie der Mormyren. Eine anatomisch-zoologische Abhandlung. 1864. Mit 5 Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. VIII, № 7. **Owsjannikow, Ph.** Ueber das Gehörorgan von Petromyzon fluviatilis. 1864. Mit 2 Taf. Pr. 40 K.= 1 Mk. 30 Pf.

№ 13. **Strauch, A.** Die Vertheilung der Schildkröten über den Erdball. Ein zoogeographischer Versuch. 1865. Pr. 1 R. 60 K. = 5 Mk. 40 Pf.

T. IX, № 3. **Brandt, J. F.** Bemerkungen über die Classification der kaltblütigen Rückenmarksthiere zur Beantwortung der Frage, was ist ein Fisch? 1865. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. X, № 13. **Strauch, A.** Synopsis der gegenwärtig lebenden Crocodiliden, nebst Bemerkungen über die im zoologischen Museum der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vorhandenen Repräsentanten dieser Familie. 1866. Mit 1 lith. Taf. und 1 Karte. Pr. 1 R. 15 K. = 3 Mk. 80 Pf.

T. XI, № 4. **Kowalewsky, A.** Entwickelungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus. 1867. Mit 3 lith. Taf. Pr. 45 K.= 1 Mk. 50 Pf.

T. XIV, № 2. **Brandt, J. F.** Untersuchungen über die Gattung der Klippschliefer (Hyrax Herm.) besonders in anatomischer und verwandtschaftlicher Beziehung, nebst Bemerkungen über ihre Verbreitung und Lebensweise. 1869. Mit 3 lith. Taf. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

№ 3. **Zawarykin, Th.** Verlauf der Chylusbahnen im Dünndarme. 1869. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 30 K.=1 Mk.

№ 6. **Strauch, A.** Synopsis der Viperiden, nebst Bemerkungen über die geographische Verbreitung dieser Giftschlangen-Familie. 1869. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. XVI, № 4. **Strauch, A.** Revision der Salamandriden-Gattungen, nebst Beschreibung einiger neuen oder weniger bekannten Arten dieser Familie. 1870. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf

№ 5. **Brandt, J. F.** Beiträge zur Naturgeschichte des Elens in Bezug auf seine morphologischen und paläontologischen Verhältnisse, so wie seine geographische Verbreitung, nebst Bemerkungen über die miocäne Flora und Insectenfauna des Hochnordens. 1870. Mit 3 lith. Taf. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Spiro.** Physiologisch-topographische Untersuchungen am Rückenmark des Frosches. 1870. Mit 1 Kupfertaf. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 7. **Stieda, L.** Studien über den Amphioxus lanceolatus. 1873. Mit 4 Taf. Abbildungen. Pr. 95 K. = 3 Mk. 20 Pf.

T. XXI, № 4. **Strauch, A.** Die Schlangen des Russischen Reichs, in systematischer und zoogeographischer Beziehung geschildert. 1873. Mit 6 Kupfertafeln. Pr. 2 R. 75 K. = 9 Mk. 20 Pf.

T. XXII, № 1. **Boettcher, A.** Neue Untersuchungen über die rothen Blutkörperchen. 1876. Mit 2 Taf. Pr. 60 K.= 2 Mk.

T. XXVI, № 5. **Brandt, J. F.** Tentamen synopseos Rhinocerotidum viventium et fossilium. 1878. Avec 1 pl. Pr. 65 K.= 2 Mk. 20 Pf.

№ 11. **Owsjannikow, Ph.** Ueber die Rinde des Grosshirns beim Delphin und einigen anderen Wirbelthieren, nebst einigen Bemerkungen über die Structur des Kleinhirns. 1879. Avec 1 pl. Pr. 30K.= 1 Mk.

T. XXVII, № 13. **Dansky, J.** u. **Kostenitsch, J.** Ueber die Entwickelungsgeschichte der Keimblätter und des Wolff'schen Ganges im Hühnerei. 1880. Mit 2 Taf. Pr. 50 K.1 Mk. 70 Pf.

№ 14. **Meyer, E.** Die Spermatogenese bei den Säugethieren. 1880. Mit 2 Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01769 5644